



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI EKSTRAKSI DENGAN METODE
SOXHLETASI PADA BAHAN ORGANIK UMBI
SARANG SEMUT (*Myrmecodia pendans*)
SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK**

MUHAMMAD ADIYAKSA FEBRYANTO
NRP. 2713 100 130

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., S.T., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI EKSTRAKSI DENGAN METODE
SOXHLETASI PADA BAHAN ORGANIK UMBI
SARANG SEMUT (*Myrmecodia pendans*) SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK**

**MUHAMMAD ADIYAKSA FEBRYANTO
NRP. 2713 100 130**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

**STUDY OF EXTRACTION WITH SOXHLETATION
METHOD ON ORGANIC MATERIAL UMBI
SARANG SEMUT (*Myrmecodia pendans*) AS
ORGANIC INHIBITOR**

**MUHAMMAD ADIYAKSA FEBRYANTO
NRP. 2713 100 130**

Advisors

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA

Tubagus Noor R., S.T., M.Sc.

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL
ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

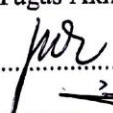
LEMBAR PENGESAHAN
STUDI EKSTRAKSI DENGAN METODE SOXHLETASI
PADA BAHAN ORGANIK UMBI SARANG SEMUT
(*Myrmecodia pendans*) SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK


TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Korosi dan Analisa Kegagalan
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
MUHAMMAD ADIYAKSA FEBRYANTO
NRP. 2713 100 130

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA..........(Pembimbing I)

Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc..........(Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

Studi Ekstraksi dengan Metode Soxhletasi pada Bahan Organik Umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) sebagai Inhibitor Organik

Nama : Muhammad Adiyaksa Febryanto
NRP : 2713 100 130
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Ekstrak bahan alam saat ini sedang dikembangkan sebagai inhibitor organik. Inhibitor organik dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi pada material baja. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa efektivitas metode ekstraksi soxhletasi dan kualitas inhibitor ekstrak umbi sarang semut dengan variasi perbandingan komposisi bahan-pelarut dan membandingkan kandungan senyawa flavonoid secara kualitatif dan kualitatif pada ekstrak inhibitor umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi. Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi soxhletasi, simplisia serbuk umbi sarang semut sebagai bahan organik, dan campuran aseton-akuades sebagai pelarut. Variasi perbandingan komposisi bahan-pelarut yang digunakan adalah 1:10, 1:15, dan 1:20. Pengujian dalam penelitian ini meliputi Parameter Ekstrak, FTIR, KLT dan Spektrofotometri UV-Vis. Hasil rendemen tertinggi ditunjukkan pada perbandingan 1:10 sebesar 13,943%, kadar abu total dan kadar air ekstrak terendah ditunjukkan pada perbandingan 1:10 masing-masing sebesar 4,26% dan 4,2483%. Hasil pengujian FTIR mengindikasikan gugus fungsi dari senyawa flavonoid dan pengujian KLT menunjukkan hasil positif adanya senyawa flavonoid ditandai dengan perubahan warna menjadi hitam. Persentase senyawa flavonoid tertinggi sebesar 0,22025% pada perbandingan 1:10.

Kata kunci : *Inhibitor Organik, Korosi, Ekstrak Umbi Sarang Semut, Flavonoid, Metode Ekstraksi Soxhletasi*

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**Study of Extraction with Soxhletation Method on Organic
Material Umhi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) as
Organic Inhibitor**

Nama : Muhammad Adiyaksa Febryanto
NRP : 2713 100 130
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., S.T., M.Sc.

ABSTRACT

Extracts of natural ingredients are currently being developed as organic inhibitors. Organic inhibitors can be used to decrease corrosion rate in steel materials. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of soxhletation extraction method and the quality of umhi sarang semut extract inhibitor with variation of solvent-material composition ratio and to compare the content of flavonoid compounds qualitatively and qualitatively on ant nest inhibitor extract from soxhletation extraction results. This research uses soxhletation extraction method, simplicia powder of umhi sarang semut as organic material, and mixed acetone-aquades as a solvent. The variations in the composition of the solvent-material used are 1:10, 1:15, and 1:20. Tests in this study include Extract Parameters, FTIR, TLC and UV-Vis Spectrophotometry. The highest yield was shown in the 1:10 ratio of 13.943%, the total ash content and the lowest extract water content were shown in the 1:10 ratio of 4.26% and 4.2483%, respectively. FTIR test results indicate functional groups of flavonoid compounds and TLC test showed positive results of flavonoid compounds characterized by changes in color to black. The highest percentage of flavonoid compound was 0.22025% at 1:10 ratio.

Keywords: Organic Inhibitor, Corrosion, Sarang Semut Extract, Flavonoid, Soxhletation Extraction Method

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir serta menyusun laporan tugas akhir dengan judul **“Studi Ekstraksi dengan Metode Soxhletasi pada Bahan Organik Umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) sebagai Inhibitor Organik”**. Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi mata kuliah tugas akhir yang menjadi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Departemen Teknik Material - Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, diantaranya:

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Supriatno dan Ibu Sumiati serta adik penulis, Deka Priamtio Deandra yang telah memberikan banyak doa, dukungan moriil dan materiil, semangat, cinta kasih, motivasi, dan inspirasi kepada penulis.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan ilmu selama pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu selama pengerjaan tugas akhir ini.

6. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
7. Bapak Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc. selaku dosen wali yang sangat mengayomi, memberikan motivasi, dan pengarahan selama penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
8. Tim Dosen Penguji seminar dan sidang tugas akhir, serta seluruh bapak dan ibu dosen dan karyawan di lingkungan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang tak kenal lelah dalam mendidik putra-putri terbaik bangsa ini.
9. Sahabat-sahabat penulis, Rima Ramadhania dan Subhan Zainal yang memberikan banyak doa, semangat, motivasi, dan inspirasi kepada penulis
10. Teman-teman Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan yang telah menemani penulis selama melaksanakan kegiatan praktikum
11. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2017
Penulis,

Muhammad Adiyaksa F.
2713100130

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teori Dasar Korosi	7
2.2 Mekanisme Korosi.....	10
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi.....	13
2.3.1 Pengaruh CO ₂ terhadap Korosi.....	22
2.3.2 Pengaruh H ₂ S terhadap Korosi	25
2.3.3 Pengaruh H ₂ SO ₄ terhadap Korosi	26
2.3.4 Pengaruh CH ₃ COOH terhadap Korosi	28
2.3.5 Pengaruh HCl terhadap Korosi.....	30
2.3.6 Pengaruh NaCl terhadap Korosi	32
2.4 Metode Pencegahan Korosi	33
2.5 Inhibitor Korosi	36
2.5.1 Inhibitor Anodik	40
2.5.2 Inhibitor Katodik	41
2.5.3 <i>Mixed Type Inhibitor</i>	45
2.5.4 Inhibitor Presipitasi	46
2.5.5 Inhibitor Mudah Menguap (<i>Volatile Corrosion Inhibitor</i>).....	48
2.5.6 Inhibitor Organik	48

2.6 Mekanisme Inhibisi secara Adsorpsi	49
2.7 Tumbuhan Sarang Semut (<i>Myrmecodia pendans</i>)	52
2.8 Antioksidan	55
2.8.1 Antioksidan Alami.....	58
2.8.2 Antioksidan Sintetis.....	61
2.9 Flavonoid.....	63
2.9.1 Penggolongan Flavonoid	65
2.10 Simplisia.....	67
2.10.1 Pengolahan Simplisia	69
2.11 Pelarut, Faktor, dan Jenis-Jenisnya	71
2.11.1 Aseton.....	74
2.11.2 Akuades	76
2.12 Ekstrak.....	76
2.12.1 Proses Pembuatan Ekstrak.....	76
2.12.2 Proses Ekstraksi.....	77
2.12.3 Metode-Metode Ekstraksi	78
2.12.4 Ekstraksi Soxhletasi.....	84
2.13 Parameter Ekstrak.....	86
2.14 <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR).....	86
2.15 Kromatografi Lapis Tipis	90
2.16 Spektrofotometri Ultraviolet-Visible.....	94
2.16.1 Spektrofotometri UV-Vis untuk Flavonoid.....	99
2.17 Penelitian Sebeumnya	100

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir.....	105
3.2 Alat dan Bahan	106
3.2.1 Alat Penelitian	106
3.2.2 Bahan Penelitian	106
3.3 Metode Penelitian.....	106
3.3.1 Preparasi Ekstrak Inhibitor	107
3.3.2 Pemekatan Ekstrak Inhibitor	114
3.3.2.1 Perhitungan Rendemen Ekstrak.....	116
3.3.3 Pengujian Parameter Ekstrak.....	117
3.3.3.1 Parameter Spesifik Ekstrak.....	117
3.3.3.2 Parameter Non-Spesifik Ekstrak	118

3.3.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	119
3.3.5 Pengujian Kromatografi Lapis Tipis	120
3.3.6 Pengujian Spektrofotometri UV-Vis	122
3.4 Rancangan Penelitian	125
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Data dan Pembahasan.....	127
4.1.1 Ekstraksi Soxhletasi Umbi Sarang Semut	127
4.1.2 Hasil Rendemen Ekstrak	130
4.1.3 Pengujian Parameter Ekstrak.....	134
4.1.3.1 Parameter Spesifik Ekstrak.....	134
4.1.3.2 Parameter Non Spesifik Ekstrak.....	136
4.1.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	142
4.1.5 Pengujian Kromatografi Lapis Tipis	147
4.1.6 Pengujian Spektrofotometri UV-Vis	150
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	155
5.2 Saran.....	155
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN	xxv
BIODATA PENULIS	xliii

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sel Korosi Sederhana	6
Gambar 2.2	Mekanisme Korosi	12
Gambar 2.3	Laju Korosi pada Logam sebagai Fungsi dari Potensial Elektron	15
Gambar 2.4	Karakteristik Korosi dari Logam Aktif-Pasif sebagai Fungsi Potensial Elektroda	12
Gambar 2.5	Pengaruh Oksigen terhadap Laju Oksidasi	17
Gambar 2.6	Pengaruh Kecepatan terhadap Laju Korosi	18
Gambar 2.7	Pengaruh Temperatur terhadap Laju Reaksi	19
Gambar 2.8	Pengaruh Konsentrasi Korosif terhadap Laju Korosi	20
Gambar 2.9	Pasangan Galvanik antara Platinum dan Seng	21
Gambar 2.10	Pengaruh NaCl terhadap Laju Korosi	33
Gambar 2.11	Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor sebagai Fungsi Konsentrasi Inhibitor	36
Gambar 2.12	Tumbuhan Sarang Semut	54
Gambar 2.13	Rumus Bangun Vitamin C	59
Gambar 2.14	Rumus Bangun Betakaroten.....	60
Gambar 2.15	Kerangka Flavonoid	63
Gambar 2.16	Penomoran Flavonoid	64
Gambar 2.17	Kerangka dan Tipe-Tipe Flavonoid	66
Gambar 2.18	Atom Hidrogen Alfa pada Aseton.....	74
Gambar 2.19	Bentuk Keto dan Bentuk Enol pada Aseton.....	75
Gambar 2.20	Alkilasi pada Aseton	75
Gambar 2.21	Skematik Prinsip Kerja FTIR.....	88
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	105
Gambar 3.2	Simplisia Serbuk Umbi Sarang Semut.....	108
Gambar 3.3	Alat Ekstraksi Soxhletasi pada Penelitian ini dan Bagian-bagiannya	109
Gambar 3.4	Kompur Listrik dan Alat <i>Thermo Control</i>	110
Gambar 3.5	(a) Pompa Air (b) Bak Penampung Air untuk Alat Soxhlet.....	111
Gambar 3.6	(a) Penyaringan Ekstrak Umbi Sarang Semut setelah	

Didinginkan dari Proses Soxhletasi (b) Ekstrak Cair Umbi Sarang Semut Hasil Ekstraksi Soxhletasi	112
Gambar 3.7 Alat <i>Rotary Evaporator</i>	116
Gambar 3.8 Timbangan Digital	117
Gambar 3.9 <i>Muffle Furnace</i> untuk Penetapan Kadar Abu Total dan Kadar Air Ekstrak	119
Gambar 3.10 Alat Pengujian FTIR	120
Gambar 3.11 Larutan FeCl_3 2%	121
Gambar 3.12 Alat Pengujian Kromatografi Lapis Tipis dan <i>Chamber</i> Eluen	122
Gambar 3.13 Alat Pengujian Spektrofotometri UV-Vis	124
Gambar 4.1 Grafik Nilai Rendemen Ekstrak	131
Gambar 4.2 Grafik Kadar Abu Total dari Simplisia dan Ekstrak Umbi Sarang Semut	136
Gambar 4.3 Grafik Hasil Penetapan Kadar Air Simplisia dan Ekstrak Umbi Sarang Semut	139
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:10	141
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:15	142
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:20	143
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kromatografi Lapis Tipis. (a) Pola Kromatografi Ekstrak dengan Perbandingan 1:10. (b) Pola Kromatografi Ekstrak dengan Perbandingan 1:15. (c) Pola Kromatografi dengan Perbandingan 1:20	146
Gambar 4.8 Reaksi Senyawa Kompleks Flavonoid- FeCl_3	147
Gambar 4.9 Grafik Persentase Kadar Senyawa Flavonoid Ekstrak Umbi Sarang Semut	151

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Daya Larut Gas CO ₂ dan O ₂	22
Tabel 2.2 Konsentrasi Efektif dari Inhibitor Kromat	40
Tabel 2.3 Konsentrasi Kritis NaCl dan Na ₂ SO ₄ sebagai Depasivator pada Inhibitor Na ₂ CrO ₄ dan NaNO ₂ bagi Logam Besi.....	41
Tabel 2.4 Pengaruh Katalis Co (3,4-Toluen diamine) ₂ Cl ₂ terhadap Laju Reaksi Pengikatan O ₂ oleh Hidrasin.....	44
Tabel 2.5 Penggunaan Katalis Senyawa Aryl Amina sebagai Katalis bagi Hidrasin sebagai <i>Oxygen Scavenger</i> bagi Air untuk Boiler.....	45
Tabel 2.6 Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi	51
Tabel 2.7 Komposisi dan Kandungan Senyawa Aktif Tumbuhan Sarang Semut (<i>Myrmecodia pendans</i>).....	55
Tabel 2.8 Mekanisme Aktivitas Antioksidan.....	56
Tabel 2.9 Penggolongan Tingkat Aktivitas Antioksidan	56
Tabel 2.10 Konstanta Dielektrikum Pelarut Organik	71
Tabel 2.11 Gugus Fungsional untuk Instrumen FTIR	89
Tabel 2.12 Spektrum Cahaya Tampak dan Warna-Warna Komplementer	98
Tabel 2.13 Rentang Serapan Spektrum UV-Cahaya Tampak Flavonoid.....	100
Tabel 2.14 Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Sarang Semut Penelitian Sebelumnya.....	101
Tabel 2.15 Penelitian Sebelumnya tentang Kadar Flavonoid Total Sarang Semut.....	102
Tabel 2.16 Penelitian Sebelumnya tentang Efisiensi Inhibitor Sarang Semut.....	102
Tabel 3.1 Volume Ekstrak Cair Umbi Sarang Semut Hasil Ekstraksi Soxhletasi	113
Tabel 3.2 Lama Waktu Ekstraksi Soxhletasi	114
Tabel 3.3 Rancangan Penelitian.....	125
Tabel 4.1 Ekstrak Umbi Sarang Semut setelah Dipekatkan dan	

Dikeringkan.....	131
Tabel 4.2 Hasil Rendemen Ekstrak Hasil Soxhletasi.....	132
Tabel 4.3 Identitas Ekstrak Aseton-Akuades Umhi Sarang Semut.....	135
Tabel 4.4 Organoleptik Ekstrak Aseton-Akuades Umhi Sarang Semut.....	135
Tabel 4.5 Hasil Kadar Abu Total Ekstrak	137
Tabel 4.6 Hasil Kadar Air Ekstrak.....	139
Tabel 4.7 Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umhi Sarang Semut dengan Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:10.....	143
Tabel 4.8 Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umhi Sarang Semut dengan Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:15.....	144
Tabel 4.9 Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umhi Sarang Semut dengan Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:20.....	145
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Spektrofometri UV-Vis Ekstrak Aseton-Akuades Umhi Sarang Semut dengan Metode Soxhletasi	151
Tabel 4.11 Penelitian Kadar Flavonoid Total Ekstrak Sarang Semut.....	152

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Korosi merupakan permasalahan utama dalam bidang industri, khususnya industri minyak dan gas yang sebagian besar menggunakan peralatan atau komponen yang terbuat dari material baja karbon. Korosi adalah kerusakan pada suatu material akibat bereaksi dengan lingkungan (Fontana, 1986). Pembentukan karat atau korosi pada baja karbon tersebut disebabkan oleh adanya zat-zat terlarut dalam air, seperti zat organik, anorganik serta gas O_2 dan CO_2 (Gaffert, 1974).

Di Indonesia, negara menganggarkan 1-1,5% dari GDP (*Gross Domestic Production*) atau hampir triliunan rupiah dana yang dianggarkan untuk menangani masalah korosi (Wahyuningsih, 2010). Berdasarkan data tersebut, korosi merupakan permasalahan terbesar yang dihadapi oleh industri-industri minyak dan gas di Indonesia. Penanganan korosi yang baik dapat mencegah kerusakan besar pada sistem perpipaan dan peralatan-peralatan industri. Korosi mengakibatkan kerugian yang sangat besar pada suatu *plant* industri minyak dan gas apabila tidak dilakukan pengendalian terhadap korosi. Kerugian dapat meliputi terhentinya proses produksi maupun keselamatan pekerja (Wahyuningsih, 2010).

Salah satu metode pengendalian korosi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan zat inhibitor sebagai penghambat laju korosi pada sistem perpipaan industri. Penggunaan inhibitor korosi pada sistem perpipaan minyak dan gas bumi merupakan penanganan korosi yang paling efisien dan ekonomis, karena dalam pengaplikasiannya menggunakan peralatan yang sederhana dan waktu yang relatif cepat dibandingkan dengan metode pengendalian korosi lainnya.

Inhibitor korosi merupakan senyawa kimia yang dapat memperlambat laju korosi. Penggunaan inhibitor korosi ini sangat berpotensi untuk menangani permasalahan korosi yang terjadi



pada lapisan bagian dalam suatu baja karbon, sebab biasanya lapisan bagian dalam tidak mengalami *coating* atau pelapisan misalnya dengan cat, sehingga akan mudah mengalami korosi karena *coating* biasanya hanya digunakan untuk proteksi lapisan bagian luar yang lebih berinteraksi dengan lingkungan (Priatna, 2015).

Inhibitor korosi bekerja adalah dengan membentuk lapisan pasif berupa lapisan tipis atau film dipermukaan material yang berfungsi sebagai penghalang antara logam dengan media yang korosif (Sofia, 2010). Inhibitor korosi digunakan karena biaya yang diperlukan relatif lebih murah dan juga mudah dalam penggunaannya. Akan tetapi, penggunaan inhibitor korosi untuk aplikasi industri saat ini masih menggunakan inhibitor yang bersifat anorganik atau sintetis. Inhibitor korosi anorganik mempunyai material dasar seperti senyawa nitrit, kromat, silikat, dan fosfat, semua material dasar ini sangat berbahaya dan bersifat toksik bagi kesehatan manusia serta lingkungan sekitarnya (Haryono, 2010). Oleh sebab itu, dibutuhkan penggunaan inhibitor yang aman bagi kesehatan manusia, mudah didapatkan, dan ramah lingkungan. Inhibitor yang ramah lingkungan berasal dari bagian tumbuhan (Haryono, 2010).

Efisiensi inhibisi senyawa-senyawa organik adalah berkaitan dengan sifat-sifat adsorpsinya, karena pembentukan lapisan film adalah suatu proses adsorpsi. Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam (Yatiman, 2009). Pada umumnya, inhibitor yang efisien digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti P, O, N, S dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan material baja.

Ekstrak bahan organik saat ini sedang dikembangkan sebagai inhibitor organik. Salah satu inhibitor organik yang dapat menurunkan laju korosi berasal dari tumbuhan adalah tumbuhan sarang semut spesies *Myrmecodia pendans*. Dari hasil penelitian diketahui tumbuhan sarang semut mengandung senyawa fenolik

BAB I PENDAHULUAN



yang dapat dianggap sebagai antioksidan yang bersifat kuat (Wang, 2007). Hasil ekstrak tumbuhan sarang semut sebelumnya telah dianalisa dan memiliki kandungan flavonoid. Senyawa flavonoid merupakan salah satu golongan fenol alam terbesar, karena senyawa flavonoid terdapat dalam semua tumbuhan hijau (Markham, 1988). Flavonoid berfungsi sebagai senyawa antioksidan yang dapat digunakan dalam pembuatan *green inhibitor*. Senyawa flavonoid mendonorkan elektronnya apabila berinteraksi dengan logam seperti Fe, dan akan membentuk suatu senyawa kompleks antara Fe dengan flavonoid.

Ekstrak inhibitor berbahan tumbuhan sarang semut telah diteliti sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh Sasza (2014) mengungkapkan bahwa ekstrak sarang semut yang diujikan pada Baja API 5L Grade B memiliki efisiensi inhibisi sebesar 99,58%. Namun, untuk memperoleh ekstrak inhibitor bahan sarang semut tersebut masih menggunakan metode sederhana, yaitu maserasi. Proses ekstraksi maserasi membutuhkan waktu yang lama dalam mengekstrak bahan alam, sehingga dibutuhkan metode ekstraksi yang lebih cepat.

Metode ekstraksi soxhletasi merupakan salah satu metode untuk menghasilkan inhibitor organik dari bahan alam. Ekstraksi dengan soxhletasi memberikan keuntungan dibandingkan dengan proses lainnya, karena pada proses ekstraksi soxhletasi serbuk akan selalu terbasahi oleh cairan penyari yang jernih dan berlangsung kontinyu, sehingga ekstraksi akan efektif. Selain itu, proses pemanasan antara pelarut dan bahan organik selama proses ekstraksi dapat memperbaiki kualitas ekstrak yang dihasilkan.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diteliti efektivitas proses ekstraksi soxhletasi terhadap kualitas dari inhibitor organik yang berasal dari bahan alam berupa tumbuhan umbi sarang semut. Kualitas ekstrak meliputi parameter nilai rendemen ekstrak, kadar abu total, dan kadar air ekstrak. Kemudian, peneliti akan membandingkan secara kualitatif dan kuantitatif senyawa flavonoid yang terkandung dalam ekstrak umbi sarang semut.



I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latarbelakang permasalahan tersebut, maka bahan alam tumbuhan sarang semut dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas metode ekstraksi soxhletasi terhadap kualitas inhibitor ekstrak umbi sarang semut dengan variasi perbandingan komposisi bahan-pelarut.
2. Bagaimana perbandingan kandungan senyawa flavonoid secara kualitatif dan kuantitatif pada ekstrak inhibitor umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi.

I.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini agar lebih terfokus, maka ditentukan batasan-batasan masalah, antara lain :

1. Bahan organik umbi sarang semut yang digunakan adalah *Myrmecodia pendans* dan berasal dari daerah Wamena Papua.
2. Kondisi dan ukuran dari serbuk sarang semut dianggap homogen.
3. Komposisi senyawa lain yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan sarang semut diasumsikan tidak berpengaruh.
4. Perubahan terhadap temperatur, volume, dan pH larutan sepanjang penelitian diabaikan.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa efektivitas metode ekstraksi soxhletasi terhadap kualitas inhibitor ekstrak umbi sarang semut dengan variasi perbandingan komposisi bahan-pelarut.
2. Membandingkan kandungan senyawa flavonoid secara kualitatif dan kuantitatif pada ekstrak inhibitor umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi.



I.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh metode ekstraksi soxhletasi terhadap kualitas dari pembuatan inhibitor umbi sarang semut.
2. Pemanfaatan ekstrak tumbuhan sarang semut sebagai inhibitor organik yang dapat diaplikasikan pada industri minyak dan gas.
3. Mengoptimalkan pemanfaatan bahan alam yang terdapat di Indonesia sebagai inhibitor organik.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Korosi

Korosi merupakan penurunan kualitas yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di alam. Korosi juga dapat didefinisikan sebagai fenomena kimia bahan-bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matriks logam itu sendiri (Teuku, 2012). Secara umum korosi dapat digolongkan berdasarkan bentuknya, keseragamannya, baik secara mikroskopis maupun makroskopis. Dua jenis mekanisme utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung dan reaksi elektrokimia.

Pada logam, terjadinya akibat reaksi kimia, yaitu pada temperatur tinggi antara logam dan gas (Supardi, 1997). Pada umumnya logam-logam pada temperatur tinggi sangat mudah rusak, karena adanya reaksi yang cepat dengan oksigen dari udara. Kecuali logam mulia yang mempunyai daya *affiniteit* yang sangat rendah terhadap oksigen, sehingga terbentuk lapisan oksida yang sangat tipis. Apabila dipanaskan maka oksida tersebut akan terurai kembali. Sebagai contoh perak, di atas 180°C tidak akan terbentuk oksida lagi, juga paladium pada 450°C terjadi hal yang sama. Air tidak diperlukan dalam korosi ini karena korosi terjadi pada sudu-sudu pertama dari turbin gas bekerja di bawah temperatur antara 650 °C atau di bawah 700 °C. Sudu-sudu tersebut mengalami serangan oksidasi yang sangat cepat (*accelerated oxidation*). Wolfram yang dipanaskan di udara maka tidak menunjukkan perubahan warna yang nyata, hanya beratnya bisa berkurang karena terjadinya penguapan dari oksida yang terjadi.

Pada logam-logam ringan kecuali Aluminium, oksidanya tidak membentuk lapisan yang cukup kedap (tidak dapat tembus air), hingga pada temperatur tinggi akan lebih mudah teroksidasi.



Pada besi sebenarnya terjadi lapisan oksida yang merata dan kedap, tetapi sering retak karena molekul oksida besi lebih besar dari besinya dan timbul dorongan sesamanya, dan oksigen dapat berdifusi kembali ke dalamnya, sehingga proses oksidasi dapat berlangsung kembali.

Korosi pada kilang dapat diklasifikasikan menjadi korosi temperatur rendah, dianggap terjadi di bawah temperatur 260°C. Korosi temperatur rendah ini mengharuskan adanya air sebagai elektrolitnya. Sedangkan korosi temperatur tinggi terjadi berkisar di atas 260°C. Korosi yang berdasarkan proses elektrokimia (*electrochemical process*) terdiri dari 4 komponen utama, yaitu:

a. *Anode* (Anoda)

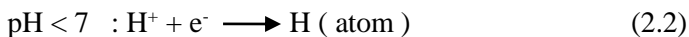
Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi pada anoda dapat dituliskan dengan persamaan :



Dengan z adalah valensi logam dan umumnya $z = 1, 2$, atau 3.

b. *Cathode* (Katoda)

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi pada katoda tergantung pada pH larutan yang bersangkutan, seperti :



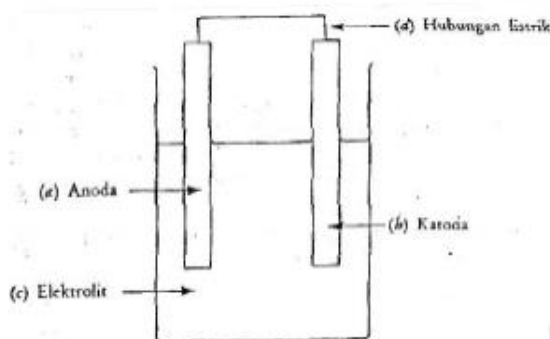
c. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan

asam, basa, dan larutan garam. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

d. Anoda dan Katoda harus terhubung

Secara listrik Antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama. Proses tersebut dapat dilihat dalam bentuk sel korosi basah sederhana berikut :



Gambar 2.1 Sel Korosi Sederhana (Trethewey, 1991)

Korosi dapat terjadi di dalam medium kering adalah penyerangan logam besi oleh gas oksigen (O_2) atau gas belerang dioksida (SO_2). Di dalam medium basah, korosi dapat terjadi secara seragam maupun secara terlokalisasi. Contoh korosi seragam di dalam medium basah adalah apabila besi terendam di dalam larutan asam klorida (HCl). Korosi di dalam medium basah yang terjadi secara terlokalisasi dapat diamati secara makroskopis, misalnya peristiwa korosi galvanik sistem Besi-Seng, korosi erosi, korosi retakan, korosi celah, dan korosi *pitting*.



2.2 Mekanisme Korosi

Secara umum, mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi di dalam larutan, dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2 , akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang (Arifin, 2011).

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang), banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya :

- a. Kelimpahan besi cukup besar
- b. Pengolahannya relatif mudah dan murah
- c. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi

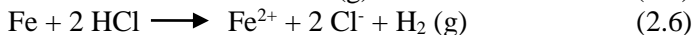
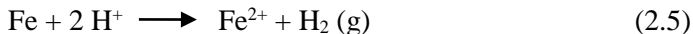
Salah satu kelemahan besi adalah mudah mengalami korosi. Korosi menimbulkan banyak kerugian, karena umur pakai berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi atau baja. Besi membentuk dua deret garam yang penting, yaitu :

1. Garam besi (II) oksida yang diturunkan dari besi (II) oksida (FeO). Dalam kondisi larutan *aqueous*, garam besi tersebut mengandung kation Fe^{2+} (ion besi II) dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi ion Fe^{3+} (ion besi III) dalam suasana netral, basa, atau bahkan dalam kondisi atmosfer yang mengandung oksigen tinggi.
2. Garam besi (III) oksida yang diturunkan dari besi (III) oksida (Fe_2O_3). Garam ini bersifat lebih stabil dibandingkan garam besi (II). Dalam kondisi *aqueous*,

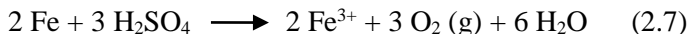


kation dari Fe^{3+} berwarna kuning muda, jika larutan mengandung klorida, maka warna kuning yang dihasilkan di permukaannya semakin kuat.

Reaksi antara besi dengan asam klorida menghasilkan garam-garam besi (II) dan gas hidrogen, reaksinya yaitu :



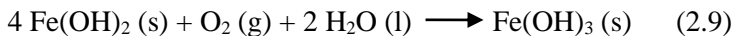
Sedangkan, reaksi antara asam sulfat panas dan baja menghasilkan ion-ion besi (III) dan belerang dioksida. Reaksi sebagai berikut :



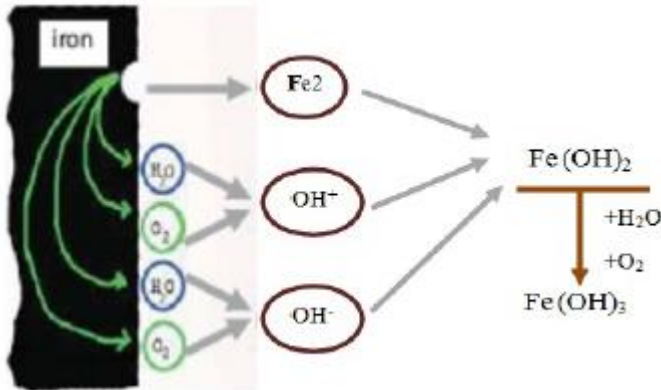
Selain itu, endapan putih besi (II) hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), apabila bereaksi dengan atmosfer, maka mudah bereaksi dengan oksigen yang pada akhirnya menghasilkan besi (III) hidroksida yang berwarna coklat kemerahan. Pada kondisi normal, ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) tampak seperti endapan hijau kotor. Mekanisme korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut :



Fero hidroksida [$\text{Fe}(\text{OH})_2$] yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara menjadi ferri hidroksida [$\text{Fe}(\text{OH})_3$], sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah :



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi Fe_2O_3 yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut korosi (Vogel, 1979). Reaksinya adalah :



Gambar 2.2. Mekanisme Korosi (Arifin, 2011)

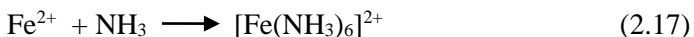
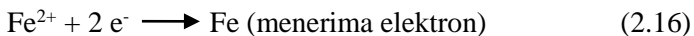
Mekanisme proteksi ekstrak bahan alam terhadap besi baja dari serangan korosi diperkirakan hamper sama dengan mekanisme proteksi oleh inhibitor organik. Reaksi yang terjadi antara logam Fe^{2+} dengan medium korosif air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl , MgCl_2 , KCl akan bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan FeCl_2 . Jika ion klorida yang bereaksi semakin besar, maka FeCl_2 yang terbentuk juga akan semakin besar, seperti yang tertulis dalam reaksi berikut :



Ion klorida pada reaksi di atas akan menyerang logam besi (Fe) sehingga besi akan terkorosi menjadi :



Reaksi antara Fe^{2+} dengan inhibitor ekstrak bahan alam akan menghasilkan senyawa kompleks. Inhibitor ekstrak bahan alam yang mengandung nitrogen akan mendonorkan sepasang elektronnya pada permukaan logam *mild steel* ketika ion Fe^{2+} terdifusi ke dalam larutan elektrolit, reaksinya adalah :



Produk yang terbentuk di atas mempunyai kestabilan yang tinggi dibandingkan dengan Fe saja, sehingga sampel besi baja yang diberikan inhibitor organik ekstrak bahan alam akan lebih tahan (terproteksi) terhadap korosi.

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Faktor-faktor gangguan udara seperti temperatur, kondisi cuaca dan kelembaban relatif serta bentuk dari permukaan dan kondisi permukaan yang merupakan penyebab basahnya permukaan, adalah faktor yang sangat penting dalam tingkat penyerapan korosi yang berpengaruh terhadap laju korosi itu sendiri (Asmara P, 2003). Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi :

1. Polarisasi

Suatu reaksi elektrokimia dikatakan terpolarisasi apabila terjadi proses perlambatan dari laju reaksi kimia. Polarisasi bertindak sebagai pelapis tambahan, dan mempengaruhi tingkat pH dan konsentrasi ion pada elektrolit. Kecepatan pada reaksi elektrokimia terbatas oleh bermacam-macam factor fisis dan kimia. Oleh karena itu, reaksi elektrokimia dapat dikatakan sebagai polarisasi atau penurunan yang disebabkan oleh faktor



lingkungan. Polarisasi aktivasi adalah polarisasi yang disebabkan oleh faktor pelambat yang berasal dari reaksi elektrokimia itu sendiri, yakni terjadinya terbentuknya gas hidrogen di katoda.

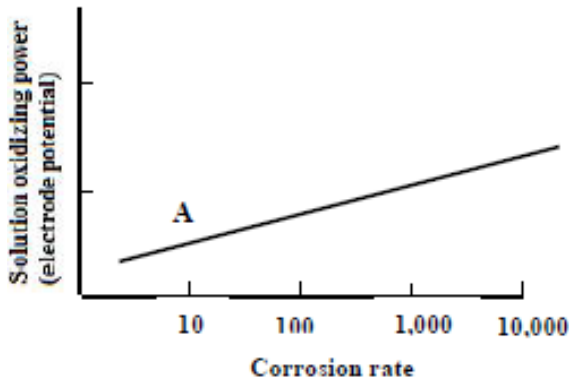
Polarisasi konsentrasi menyangkut proses perlambatan reaksi elektro kimiawi sebagai akibat dari perubahan konsentrasi di dalam larutan di dekat permukaan metal. Aktivasi polarisasi biasanya dapat dikontrol pada media yang mengandung konsentrasi tinggi dan pada media pengkorosian aktif. Konsentrasi polarisasi pada umumnya didominasi ketika konsentrasi pada proses reduksi adalah kecil. Konsentrasi yang berhubungan dengan logam biasanya kecil dan bisa diabaikan. Konsentrasi yang berhubungan dengan logam biasanya kecil dan bisa diabaikan. Konsentrasi polarisasi sangat penting hanya pada reaksi reduksi.

2. Pasivasi

Pada dasarnya, pasivitas adalah lepasnya suatu unsure akibat reaksi kimia yang dialami oleh beberapa logam dan paduan pada suatu kondisi lingkungan khusus. Logam dan paduan yang mengalami pasivitas di antaranya besi, nikel, silicon, kromium, titanium, dan paduan-paduannya. Observasi juga telah dilakukan untuk mengetahui efek pasivitas pada beberapa logam, di antaranya, *zinc*, *cadmium*, *tin*, dan *thorium*.

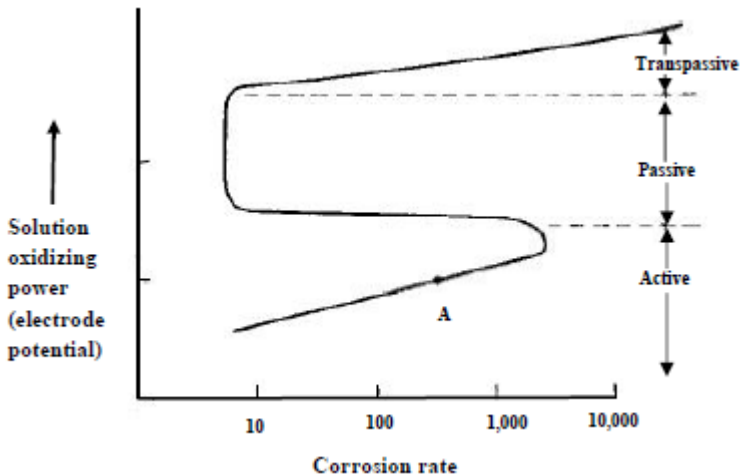
Pada Gambar 2.3 diilustrasikan suatu pasivitas yang dialami oleh logam, dimana laju korosi logam tersebut dipengaruhi oleh daya oksidasi dengan menggunakan potensial elektron. Gambar tersebut mengilustrasikan bahwa sebuah logam dicelupkan pada lingkungan asam yang terbebas dari kandungan udara, lingkungan tersebut ditambahkan daya oksidasi pada titik A dan laju korosinya digambarkan dengan sebuah garis

pada gambar tersebut. Jika daya oksidasi pada lingkungan ini meningkat, maka laju korosi pada logam tersebut juga meningkat (Sankara, 2014).



Gambar 2.3. Laju Korosi pada Logam sebagai Fungsi dari Potensial Elektron (Sankara, 2014).

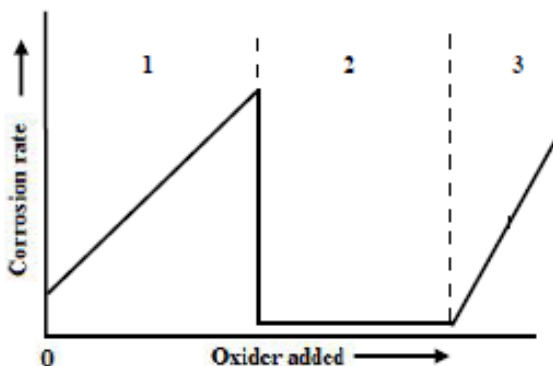
Gambar 2.4 mengilustrasikan jenis-jenis material berdasarkan laju korosinya pada penambahan daya oksidasi dengan menggunakan elektroda potensial. Jenis-jenis material dibagi menjadi tiga kategori yaitu aktif, pasif, dan transpatif. Untuk material pada daerah aktif biasanya daerah ini identik dengan logam pada umumnya, dimana penambahan daya oksidasi dengan menggunakan elektroda potensial diikuti dengan penambahan laju korosi. Untuk material yang berada pada daerah pasif, penambahan daya oksidasi tidak mempengaruhi laju korosi yang terjadi pada material tersebut. Sedangkan untuk daerah transpatif, penambahan daya oksidasi tidak mempengaruhi laju korosi, namun untuk penambahan daya oksidasi yang besar, laju korosi material tersebut juga ikut bertambah (Sankara, 2014).



Gambar 2.4. Karakteristik Korosi dari Logam Aktif-Pasif sebagai Fungsi Potensial Elektroda (Sankara, 2014).

3. Konsentrasi Oksigen

Pengaruh oksigen pada laju korosi dapat digambarkan pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Bentuk grafik tersebut dibagi menjadi tiga bagian yang berbeda. Untuk daerah 1 adalah karakteristik pada logam normal dan juga pada logam aktif-pasif di mana logam tersebut berada pada daerah aktif. Untuk logam yang ditunjukkan pada transisi aktif-pasif, sifat pasif dicapai bila kuantitas oksigen tercukupi. Bertambah cepatnya laju korosi seiring dengan bertambahnya konsentrasi oksigen yang ditambahkan hal ini digambarkan pada daerah 1 dimana karakteristik daerah ini dimiliki oleh logam monel dan tembaga pada lingkungan *acid solution* yang mengandung oksigen (Sankara, 2014).



Gambar 2.5. Pengaruh Oksigen terhadap Laju Oksidasi (Sankara, 2014).

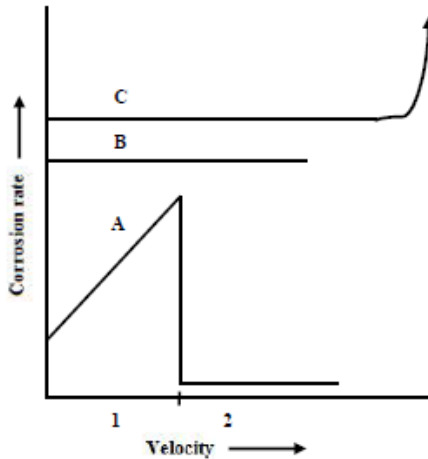
4. Kecepatan Angin

Pengaruh kecepatan angin terhadap laju korosi adalah seperti pengaruh penambahan oksigen terhadap laju korosi. Gambar 2.6 menunjukkan ciri khas pengaruh kecepatan terhadap laju reaksi. Untuk proses korosi yang dikendalikan oleh aktivasi polarisasi maka kecepatan tidak memiliki pengaruh terhadap laju reaksi, seperti yang diilustrasikan oleh kurva B. jika proses korosi dikendalikan oleh difusi katodik. Ketika kecepatan meningkat maka laju korosi meningkat seperti yang ditunjukkan pada kurva A bagian 1. Pengaruh ini umumnya terjadi ketika adanya zat pengoksidasi dalam jumlah yang sedikit, seperti halnya oksigen yang terlarut dalam larutan asam atau air.

Jika proses mengalami difusi dan logam bersifat pasif maka besarnya laju reaksi akan digambarkan oleh kurva A bagian 1 dan 2. Beberapa logam memiliki ketahanan korosi pada medium tertentu karena



terbentuknya lapisan pelindung yang sangat besar. Ketika material yang terkena sinar matahari dan terdapat angin yang sangat besar maka hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan pelindung tersebut, sehingga laju korosi meningkat. Seperti yang ditunjukkan pada kurva C.

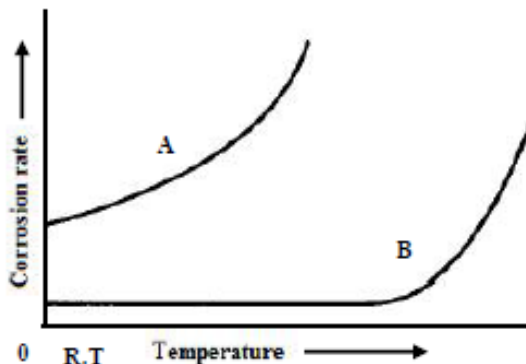


Gambar 2.6. Pengaruh Kecepatan terhadap Laju Korosi (Sankara, 2014).

5. Pengaruh Temperatur

Peningkatan temperatur dapat meningkatkan laju reaksi kimia. Gambar 2.7 menggambarkan pengamatan dua keadaan umum pengaruh temperatur terhadap laju korosi logam. Kurva A menunjukkan kenaikan yang sangat cepat dalam laju korosi disebabkan oleh kenaikan temperatur. Kurva B menggambarkan bahwa laju reaksi tidak terlalu dipengaruhi oleh kenaikan temperatur, yaitu pengaruh temperatur diabaikan terhadap laju reaksi meskipun terjadi dalam temperatur yang sangat tinggi.

Sebagai contoh kasus yang terjadi pada baja karbon, monel, dan nikel dalam lingkungan yang asam (Sankara, 2014).



Gambar 2.7. Pengaruh Temperatur terhadap Laju Reaksi (Sankara, 2014).

6. Konsentrasi Korosif

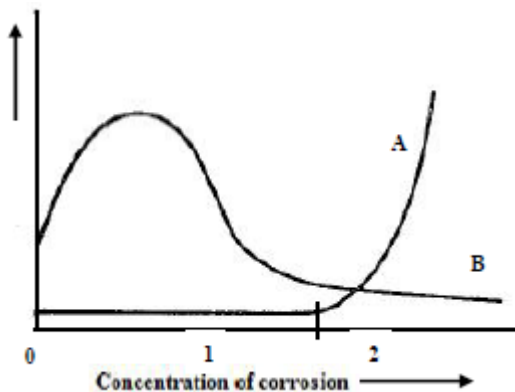
Gambar 2.8 menunjukkan konsentrasi terhadap laju reaksi. Sebagai catatan kurva A memiliki dua bagian, yaitu 1 dan 2. Kebanyakan material menunjukkan bahwa efek konsentrasi korosif tidak terlalu berdampak pada laju korosi. Seperti yang ditunjukkan pada kurva bagian pertama. Adapun material yang lain menunjukkan perilaku yang berbeda ketika konsentrasi korosif meningkat mengakibatkan laju korosi meningkat.

Timah adalah contoh yang menunjukkan pengaruh tersebut. Pada konsentrasi yang rendah timah membentuk lapisan pelindung, namun pada konsentrasi yang tinggi lapisan pelindung tersebut larut sehingga laju korosi bertambah seiring dengan pertambahan konsentrasi korosif. Sifat asam yang larut dalam semua konsentrasi



air, sering menghasilkan kurva yang mirip dengan kurva B. awalnya pada kurva B, kenaikan konsentrasi korosi menyebabkan laju korosi juga meningkat. Terutama karena fakta menunjukkan bahwa sejumlah ion hidrogen yang bersifat aktif akan bertambah banyak karena konsentrasi asam juga meningkat.

Namun karena konsentrasi asam terus meningkat, laju korosi mencapai titik maksimum dan akhirnya akan menurun. Hal ini tidak diragukan lagi karena fakta, bahwa konsentrasi yang sangat tinggi maka ionisasi asam akan berkurang. Karena ini, kebanyakan larutan asam seperti *sulfuric*, *acetic*, *hydrofluoric*, dan yang lainnya pada hakekatnya tidak dapat bereaksi pada kondisi murni atau 100% konsentrasi (Sankara, 2014).

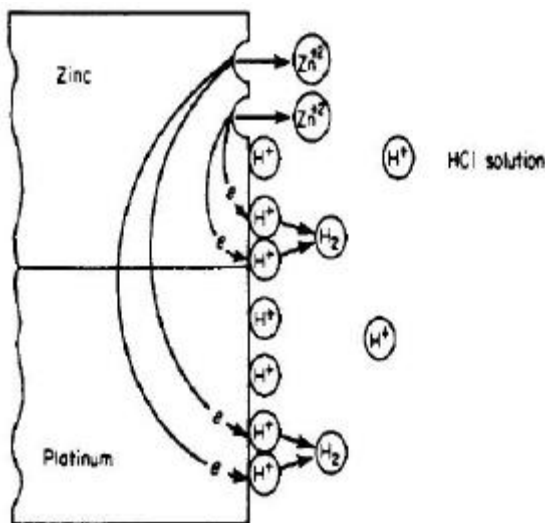


Gambar 2.8. Pengaruh Konsentrasi Korosif terhadap Laju Korosi (Sankara, 2014).

7. Pengaruh Pasangan Galvanik

Pada pemanfaatan material secara umum, kontak antara material-material yang berbeda adalah sesuatu

yang sulit untuk dihindarkan. Di dalam proses aliran fluida dan pemipaan, perbedaan material dan paduan sering terjadi kontak antara material tersebut. Sepotong seng dicelupkan ke dalam larutan asam klorida dan disambungkan dengan logam mulia seperti platinum. Karena platinum tidak dapat bereaksi dalam medium tersebut, hal itu akan menyebabkan terjadinya evolusi ion hidrogen di permukaan platinum tersebut. Selanjutnya, evolusi hidrogen lebih mudah terjadi pada permukaan platina dibandingkan dengan seng. Akibat dari pasangan galvanik pada contoh tersebut adalah hampir identik dengan penambahan oksidator pada larutan korosif. Dalam kasus tersebut logam akan kehilangan elektronnya dan karenanya tingkat pelarutan logam juga meningkat (Sankara, 2014).



Gambar 2.9. Pasangan Galvanik antara Platinum dan Seng (Sankara, 2014).



2.3.1 Pengaruh CO₂ terhadap Korosi

Gas ini tidak bersifat korosif jika berada dalam keadaan kering dan tidak larut di dalam air. Jika terlarut dalam air, gas ini akan membentuk suatu asam lemah H₂CO₃ yang bersifat korosif. Laju korosi pada korosi CO₂ ditentukan oleh sifat lapisan produk korosi yang terbentuk pada permukaan logam. Jika lapisan terbentuk pada keadaan yang sesuai maka akan terbentuk lapisan protektif yang dapat menurunkan laju korosi. Secara umum, CO₂ yang terlarut dalam air akan membentuk asam karbonat dengan reaksi :



Korosi CO₂ pada intinya merupakan masalah korosi yang disebabkan oleh asam karbonat. CO₂ menjadi korosif akibat adanya air sehingga akan membentuk asam karbonat.



Dibandingkan dengan oksigen, reaksi tersebut cenderung terjadi akibat daya larut CO₂ yang lebih tinggi dari oksigen. Seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Perbandingan Daya Larut Gas CO₂ dan O₂

Temperatur (°C)	CO ₂ (g/L)	O ₂ (g/L)
0	2,35	0,054
10	1,72	0,044
20	1,31	0,037
30	1,04	0,033
40	0,86	0,030
50	0,71	0,028
60		0,026
70		0,025



Asam karbonat merupakan asam lemah, dimana pada temperatur kamar kurang dari 0,1% saja yang terdisosiasi.



Jika korosi CO_2 dapat dikategorikan sebagai korosi yang diakibatkan oleh asam lemah, dimana baja terkorosi akibat reduksi dari H^+ dan oksidasi dari Fe, seharusnya dari reaksi di atas tingkat korosif dari CO_2 seharusnya sangat lemah, hal ini dikarenakan tingkat disosiasi yang rendah.

Nyatanya, tingkat korosif asam karbonat adalah lebih tinggi dari nilai dari reaksi di atas. Fenomena yang diketahui pada tahun 1924, adalah pada pH tertentu, korosi yang terjadi pada baja lebih banyak disebabkan oleh larutan cair yang mengandung CO_2 dibandingkan dengan HCl. Dari hasil eksperimen diketahui bahwa ion hidrogen merupakan unsur korosif utama dalam korosi CO_2 . Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi CO_2 :

- *Supersaturation* (Lewat Jenuh)

Nilai *supersaturation* memegang peranan penting dalam pembentukan dan stabilitas dari lapisan protektif. *Supersaturation* didefinisikan sebagai $\log [\text{A}^+] [\text{B}^-] / K_{sp}$, pada sistem garam AB yang insoluble dengan reaksi $\text{AB} = [\text{A}^+] + [\text{B}^-]$ dalam bentuk ion dan K_{sp} sebagai tetapan kelarutan. Nilai *supersaturation* yang tinggi akan mendorong terjadinya pengendapan dan pembentukan lapisan pada permukaan struktur yang nantinya akan menurunkan laju korosi.

- Tekanan Parsial CO_2

Tekanan parsial CO_2 akan menentukan pH larutan serta konsentrasi gas terlarut. Semakin banyak gas CO_2 terlarut maka pH larutan akan menurun, dan akan semakin memungkinkan terjadinya korosi. Dalam pengujian laboratorium, diperoleh bahwa air tawar ataupun air laut



yang dilakukan pengasaman dengan penambahan konsentrasi CO_2 kemudian dengan pengasaman sampai pH yang sama oleh asam mineral. Hal ini disebabkan oleh sifat H_2CO_3 yang merupakan asam lemah dan tidak terdisosiasi sepenuhnya dalam larutan, dan menyediakan reservoir untuk ion H^+ . Namun dengan hadirnya ion pembentuk scale seperti Fe^{2+} dan Ca^{2+} pada larutan maka pembentukan lapisan yang dapat menghambat korosi akan terjadi pada permukaan struktur.

- Efek H_2S

H_2S dapat meningkatkan laju korosi CO_2 dengan berperan sebagai pembentuk lapisan yang non-protektif pada permukaan logam. Dari beberapa penelitian diperoleh bahwa pada kadar H_2S di bawah 30 ppm dalam lingkungan CO_2 jenuh, laju korosi akan meningkat, dikarenakan FeS yang terbentuk mengganggu pembentukan lapisan FeCO_3 , membentuk cacat pada lapisan, menyebabkan korosi yang terlokalisir. Begitupun pada kadar H_2S yang ditingkatkan dan pada temperatur di atas 60°C , terbentuk lapisan protektif dan menurunkan laju korosi.

- Efek Asam Asetat

Adanya asam organik pada sistem akan menurunkan nilai supersaturation dari Fe^{2+} . Hal ini akan berakibat pada berkurangnya laju pengendapan pada permukaan sehingga lapisan yang terbentuk kurang protektif. Asam organik juga meningkatkan kemampuan oksidasi H^+ . Penggantian konsentrasi dari bikarbonat menjadi asam asetat akan menaikkan kelarutan Fe. Hal ini akan menurunkan tingkat protektif lapisan tersebut.

- Kandungan Air (*Water Cut*)

Adanya kandungan air di atas 30% menurut acuan praktis lapangan mengindikasikan kemungkinan terjadinya korosi. Air dalam sistem gas berasal dari fluida dari reservoir dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk uap

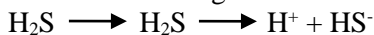


air. Uap air dengan penurunan temperatur akan membentuk *condensed water* (air terkondensasi). Air terkondensasi merupakan ancaman yang lebih besar dibandingkan dengan air biasa, dikarenakan tidak mempunyai kemampuan *buffer*, dan kandungan pembentuk *scale*, seperti ion karbonat.

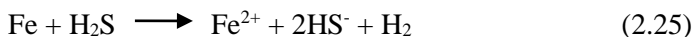
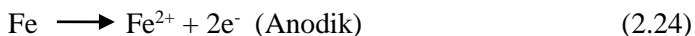
(Gofar, 2010)

2.3.2 Pengaruh H₂S terhadap Korosi

H₂S larut dalam air untuk membentuk asam yang lebih lemah dari asam karbonat, tetapi H₂S memiliki tingkat kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan CO₂, yang bisa meningkatkan kecepatan korosi. Seperti halnya CO₂, H₂S terdisosiasi dalam air dengan reaksi sebagai berikut :



Pada lingkungan dengan pH > 6, HS⁻ terdisosiasi lebih lanjut menjadi H⁺ + S²⁻. Reaksi katodik yang penting untuk diingat yang akan terjadi pada sistem korosi H₂S adalah sebagai berikut,



Atom H dikombinasikan dengan gas hidrogen, namun hidrogen dalam bentuk atomik dapat berdifusi ke dalam material dan potensial untuk kemudian menyebabkan *hydrogen embrittlement*, terlebih pada material baja kekuatan tinggi *high-strength steels* yang dapat berujung pada *hydrogen-induced cracking*.

Lapisan akan mengendap ketika hasil kali kelarutan (K_{sp}) dari FeS terlampaui. Pembentukan lapisan besi fluida lebih mudah terjadi pada pH tinggi. Komposisi dari lapisan korosi besi fluida bervariasi, walaupun komposisi lebih sering dinyatakan sebagai



FeS. Struktur kristalin yang berbeda dari besi sulfida dapat diidentifikasi pada *oilfield system*.

Lapisan besi sulfida melindungi permukaan baja dari korosi pada berbagai kondisi, tetapi derajat perlindungan tergantung pada konsentratif relatif berbagai kondisi, tetapi derajat perlindungan tergantung pada konsentrasi relatif dari H₂S dan CO₂, *total pressure*, temperatur dan umur lapisan.

Dalam lingkungan campuran antara H₂S dan CO₂, dimana kadar H₂S relatif lebih tinggi (misalnya di atas 200 ppm pada fasa cair), dan terutama pada temperatur di atas sekitar 40°C, lapisan protektif berwarna hitam (*pyrrhotite*) terbentuk di bawah lapisan karbonat dan sulfida bebas berwarna abu-abu.

Mekanisme ini kemungkinan melibatkan penguraian dan pengendapan awal dari campuran besi karbonat dan besi sulfida (*amorf/mackinawite*). Hal ini menimbulkan lapisan penghalang fisik namun *porous*, dan kemudian lapisan protektif yang rapat (lapisan pasif besi sulfida) terbentuk pada permukaan logam. Pada konsentrasi H₂S yang lebih rendah, proteksi berasal dari lapisan campuran besi karbonat dan besi sulfida yang kurang rapat, *porous*, dan kurang protektif. Sedangkan pada konsentrasi H₂S yang tinggi, ion sulfida bertindak seperti inhibitor korosi dengan membentuk lapisan besi sulfida yang dapat menurunkan kecepatan korosi. Hidrogen sulfida sering menyebabkan *pitting*. Kerentanan terjadinya *pitting* tergantung pada lapisan yang terbentuk pada temperatur dan konsentrasi H₂S dan CO₂ tertentu.

(Gofar, 2010)

2.3.3 Pengaruh H₂SO₄ terhadap Korosi

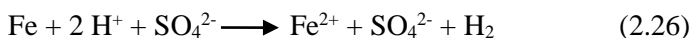
Salah satu media korosif yang dapat menyebabkan terjadinya korosi adalah larutan asam. Larutan asam mengandung ion hidrogen (H⁺) yang berperan penting dalam reaksi oksidasi besi. Dalam peristiwa perkaratan yang umum terjadi, logam besi bertindak sebagai anoda yang mengalami reaksi oksidasi membentuk oksida dengan rumus kimia Fe₂O₃.H₂O yang berwarna merah kecoklatan. Elektron ang dibebaskan pada reaksi



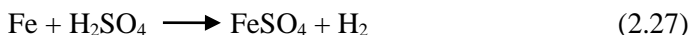
oksidasi digunakan pada bagian lain yang disebut katoda untuk menjalani reaksi reduksi.

Pada peristiwa perkaratan yang umum terjadi pada kondisi lembab atau berair, reaksi reduksi dialami oleh unsur oksigen yang selanjutnya membentuk ion hidroksida atau dalam kondisi terdapat ion hidrogen (H^+) akan bereaksi membentuk air. Di dalam larutan asam sulfat, reaksi oksidasi dan reduksi dapat terjadi dengan cukup intensif dimana ion hidrogen tereduksi menjadi gas hidrogen. Penambahan valensi pada unsur besi (Fe) yang ditandai dengan produksi elektron yang bermuatan negatif, sehingga mengakibatkan besi menjadi bentuk ion positifnya (Fe^{2+}). Istilah lain dari reaksi ini adalah reaksi anodik. Sedangkan, pada sisi lain terjadi reaksi yang disebut reaksi katodik dimana terjadi reduksi yang menyebabkan perubahan valensi terhadap ion hidrogen yang bermuatan positif (H^+) menjadi gas hidrogen (H_2) yang tidak bermuatan dengan menerima elektron yang dihasilkan pada reaksi anodik.

Dalam larutan asam sulfat, ion hidrogen (H^+) hadir dalam bentuk senyawa H_2SO_4 , sehingga secara keseluruhan reaksi tersebut dapat ditulis :



Atau dengan menggabungkan ion yang ada dalam bentuk senyawanya, persamaan di atas dapat langsung ditulis menjadi :



Reaksi korosi dalam interaksinya larutan asam sulfat secara fisik terjadi pada permukaan besi yang kontak langsung dengan larutan asam sulfat. Proses ini terjadi sampai besi menjadi ion besi (Fe^{2+}) yang untuk selanjutnya mengalami proses solvasi (pelarutan) dan tertarik ke dalam larutan karena bermuatan positif. Proses ini membuat atom besi yang berada di bawahnya menjadi terbuka dan mengalami kontak dengan larutan korosif asam sulfat



untuk selanjutnya mengalami reaksi oksidasi dan akhirnya terlarut. Hal terjadi terus menerus sehingga merusak logam besi.

Korelasi antara kecepatan reaksi korosi dengan jumlah ion (H^+) dalam larutan yang telah dilakukan oleh Whitman dan Russel (Supardi, 1987), dimana keasaman mempengaruhi kecepatan korosi dengan cara yang tidak linier. Berkurangnya konsentrasi asam sulfat dari pH 1 menjadi pH 4 mengakibatkan terjadinya reaksi korosi sehingga terjadi lonjakan kecepatan korosi pada keasaman sekitar pH 4, sedangkan pada pH 1 dimana konsentrasi ion hidrogen (H^+) sangat banyak, kecepatan jauh lebih rendah.

Pada persamaan reaksi oksidasi dan reduksi, ion hidrogen (H^+) bertindak sebagai oksidator dengan menerima elektron dan berevolusi menjadi gas hidrogen, sehingga jumlah ion ini dalam larutan akan mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Apabila keberadaan ion hidrogen (H^+) dinyatakan dalam bentuk konsentrasi asam sulfat. Fenomena ini memperlihatkan bahwa ion hidrogen yang terlampaui tinggi atau terlalu rendah akan memperlambat reaksi korosi (Fadli, 2010).

2.3.4 Pengaruh CH_3COOH terhadap Korosi

Asam-asam organik tergolong kedalam asam karboksilat yang beratom C kurang dari 6. Senyawa ini mudah menguap dan juga dapat terkondensasi bersama air. Korosi tidak dijumpai kecuali terdapat asam organik bebas dalam jumlah tertentu yang berkesetimbangan dengan fasa uapnya.



$$K = 8.8 \times 10^3 \text{ M.atm}^{-1}$$



$$K = 1.8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Asam asetat terdisosiasi menurut reaksi berikut :



Dan reaksi antara asam asetat dan baja karbon membentuk besi (II) asetat ($\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) adalah sebagai berikut :



Diyakini bahwa asam asetat berpengaruh dalam proses korosi dalam dua cara. Pertama, asam asetat bertindak sebagai penyedia ion hidrogen dan memiliki efek terbatas pada pH (bertindak sebagai penyangga). Kedua, asam asetat bebas diyakini akan berkurang langsung pada permukaan logam dengan cara yang sama sebagai asam karbonat. Kontribusi terhadap pengurangan ion hidrogen menyebabkan peningkatan arus katodik. Gulbrandsen menemukan bahwa pada temperature 80°C laju korosi rata-rata meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asam asetat, dan serangan korosi pola seragam. Keberadaan $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ dapat mengurangi kekuatan pendorong bagi pembentukan lapisan pelindung FeCO_3 , karena mengkonsumsi ion Fe^{2+} dan terbawa ke solusi.

Hedges dkk, menunjukkan bahwa kehadiran ion asetat (CH_3COO^-) dapat meningkatkan laju korosi bahkan jika pH meningkat. Dan kehadiran ion asetat hanya mempengaruhi laju korosi dan bukan mekanisme korosi. Konsentrasi asam asetat berpengaruh signifikan terhadap laju korosi awal. Kehadiran 100 ppm asam asetat meningkatkan laju korosi setelah 1 jam dari 3.8 mm/year menjadi 9.1 mm/year. Kehadiran asam asetat meningkatkan laju korosi pada awalnya dan naik ke nilai maksimum. Selain peningkatan konsentrasi asam asetat, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai laju korosi maksimum meningkat juga. Kemudian, laju korosi akan menurun seiring dengan hilangnya asam asetat.



Penelitian terbaru mengungkapkan bahwa penyebab utama terkorosinya baja ringan adalah asam asetat bebas dan bukan ion asetat sehingga jelas bahwa asam asetat mempengaruhi laju korosi hanya pada nilai pH yang rendah. Crolet dkk (1983), melaporkan bahwa keberadaan asam asetat bebas, sebagian besar lapisan korosi pada logam bukan lagi FeCO_3 , tapi besi (II) asetat ($\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$), yang memiliki kelarutan jauh lebih besar. Menurut Ueda dan Takabe (1998), kehadiran asam asetat secara signifikan meningkatkan laju korosi baik untuk besi murni ataupun baja Cr dibandingkan dengan korosi CO_2 murni.

Menurut Wahyuningsih (2010), Pada pH rendah spesi yang dominan adalah ion CH_3COO^- yang berasal dari garam dan asam lemahnya. Ion-ion tersebut memiliki afinitas lebih kuat terhadap proton dibandingkan dengan ion HCO_3^{3-} , atau dengan kata lain, ion CH_3COO^- lebih reaktif dibandingkan ion HCO_3^{3-} . Pada $\text{pH} > 5$ jumlah asam asetat yang ditambahkan makin sedikit sedangkan ion HCO_3^{3-} relatif tetap sehingga konsentrasi ion HCO_3^{3-} lebih banyak dibandingkan ion CH_3COO^- . Akibatnya, peluang spesi ion HCO_3^{3-} yang dapat bereaksi dengan ion-ion Fe^{2+} membentuk FeCO_3 di permukaan baja karbon makin besar. Disamping itu, produk reaksi ini tidak larut dalam air tetapi menempel pada permukaan baja karbon membentuk lapisan pasif (pasivasi) dan melindungi logam dari korosi lebih lanjut. Pada $\text{pH} < 5$ laju korosi baja karbon dikendalikan oleh spesi ion-ion CH_3COO^- . Hal ini disebabkan ion asetat lebih mudah bereaksi dengan ion-ion Fe^{2+} pada permukaan baja karbon dibandingkan dengan dengan ion-ion HCO_3^{3-} . Reaksi yang terjadi membentuk $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ yang larut dalam media uji, dan produk korosi tidak membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja karbon sehingga korosi baja karbon akan berlangsung sampai semua ion asetat habis bereaksi.

2.3.5 Pengaruh HCl terhadap Korosi

Korosi pada baja karbon antara lain dipengaruhi oleh agresif seperti ion klorida (Cl^-). Konsentrasi ion klorida yang



semakin tinggi akan semakin meningkatkan kecenderungan korosi. Mekanisme korosi baja pada HCl yaitu laju korosi tinggi pada semua konsentrasi asam di $\text{pH} < 3$. Ion klorida umumnya bertindak sebagai ion triger atau ion agresif karena kemampuannya, yaitu menghancurkan lapisan pasif pada permukaan baja karbon dan mempercepat laju korosinya. Selain itu, adanya ion sulfat juga mempengaruhi laju korosi, namun lebih kecil pengaruhnya dibandingkan ion klorida. Ion klorida bukan merupakan unsur alamiah yang terdapat dalam air, namun biasanya ditambahkan untuk mengontrol perkembangan organisme air. Ketika terlarut di dalam air, maka ion klorida akan berubah menjadi asam hipoklorit (HClO) dan asam klorida (HCl), yang mana akan menurunkan nilai pH (Febriyanti, 2008).

Ion klorida dikenal memiliki efek merusak terhadap baja karbon. Ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk lapisan pasif. *Pitting* merupakan salah satu jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida. Area kecil dimana ion Cl^- terserap di permukaan logam merupakan daerah anodik menuju lapisan oksida pasif katodik yang luas. Ketika proses korosi dimulai, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang mana menghambat perbaikan lapisan film dan mempercepat serangan korosi. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi uniform dibandingkan dalam bentuk *localized attack*.

Dengan adanya sejumlah komponen tambahan seperti garam dapat mempengaruhi efek komponen lain yang ada di dalam sistem. Misalnya, ketergantungan laju korosi baja karbon terhadap konsentrasi ion klorida dapat menurunkan laju korosi di dalam larutan netral yang mengandung oksigen terlarut. Sebagai tambahan, dengan peningkatan konsentrasi garam maka kelarutan oksigen menurun sehingga menutupi efek ion klorida. Pengaruh ion klorida terhadap laju korosi tergantung kation larutan konsentrasi garam (Febriyanti, 2008).

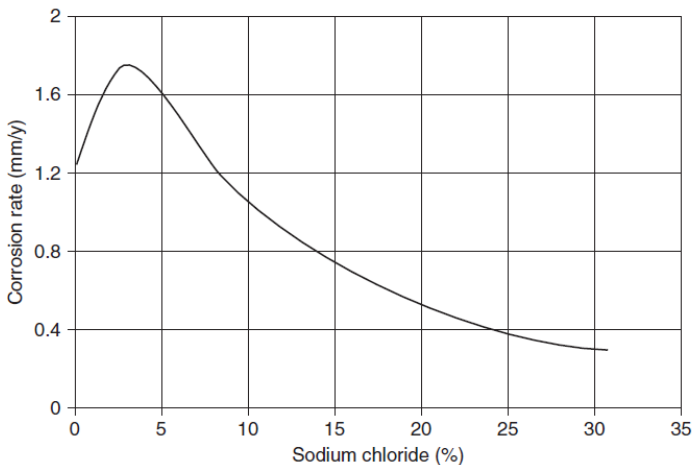


2.3.6 Pengaruh NaCl terhadap Korosi

Di dalam sebuah larutan, suatu garam akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya. Ion-ion ini akan menjadikan larutan garam mampu menghantarkan muatan listrik yang terdistribusi di dalam larutan tersebut (Roberge, 2008), sehingga di dalam larutan garam ini akan menghasilkan nilai konduktivitas yang dimana nilai konduktivitas ini sebanding dengan konsentrasi dari garam yang terlarut di dalam larutan. Proses korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia antara logam sebagai anoda dengan lingkungan yang bertindak sebagai katoda, sehingga konduktivitas dari suatu larutan elektrolit yang menghubungkan antara anoda dan katoda ini akan menentukan kecepatan dari reaksi elektrokimia tersebut. Larutan dengan konduktivitas yang baik akan mengakibatkan reaksi korosi berlangsung dengan cepat sehingga akan meningkatkan laju korosi.

Dengan adanya ion-ion terlarut didalam larutan garam akan bisa menurunkan agen pereduksi yang ada pada larutan tersebut. Semakin besar nilai konsentrasi NaCl didalam larutan teraerasi maka akan menurunkan kelarutan oksigen dalam larutan tersebut. Ketika konsentrasi NaCl mencapai nilai 3 hingga 3,5 % maka kelarutan optimum oksigen didalam larutan NaCl teraerasi (Jones, 1992).

Pada percobaan sebelumnya, telah membuktikan bahwa laju korosi optimum baja karbon berada pada konsentrasi NaCl 3-3,5%. Semakin tinggi konsentrasi NaCl didalam larutan maka akan semakin besar konduktivitas larutan sehingga meningkatkan laju korosi pada baja.



Gambar 2.10. Pengaruh NaCl terhadap Laju Korosi (Jones, 1996)

Namun, semakin pekat konsentrasi dari NaCl maka akan terjadi penurunan dari kelarutan agen pereduksi sehingga laju korosi akan berkurang. Hal ini disebabkan karena kejenuhan dari larutan NaCl sehingga menimbulkan endapan yang tidak mampu bereaksi lagi yang menghasilkan pengurangan dari agen pereduksi didalam larutan (Fontana, 1986).

2.4 Metode Pengendalian Korosi

Korosi tidak dapat dicegah, namun laju korosi ini dapat dikurangi. Untuk mengurangi bahkan menghindari kerugian yang dapat disebabkan karena masalah korosi ini dapat dilakukan beberapa pencegahan korosi. Dengan dasar pengetahuan tentang proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi, antara lain :

a. Perancangan

Laju korosi atau perusakan lapisan pelindung yang diberikan kepada logam akan dipengaruhi oleh perubahan-



perubahan faktor diantaranya kelembaban relatif, temperatur, pH, konsentrasi oksigen, bahan pengotor padat atau terlarut, konsentrasi, dan kecepatan elektrolit. Variasi-variasi kondisi lingkungan ini sedapat mungkin harus telah diidentifikasi sejak tahapan perancangan (Trethewey, 1991).

b. Pengubahan Media

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka pengubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu:

- Media sekitar / lingkungan berupa gas.
- Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu.
- Logam terbenam dalam tanah.

c. Seleksi Material

Metode umum yang sering digunakan dalam pencegahan korosi, yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu untuk mengurangi resiko terjadinya korosi. Pemilihan bahan-bahan tersebut terutama didasarkan pada pola tegangan dalam struktur, teknik fabrikasi, dan penyambungan yang hendak digunakan. Pemilihan material yang sesuai lingkungan dapat meminimalkan kerugian akibat terjadinya korosi.

d. Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi katodik merupakan salah satu cara perlindungan terhadap korosi, yaitu dengan pemberian arus searah (DC) dari suatu sumber eksternal untuk melindungi logam dari korosi khusus di lingkungan yang terbenam air maupun di dalam tanah, seperti perlindungan pada kapal laut, instalasi pipa bawah tanah, dan sebagainya. Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan terproteksi. Macam-macam proteksi katodik, antara lain :



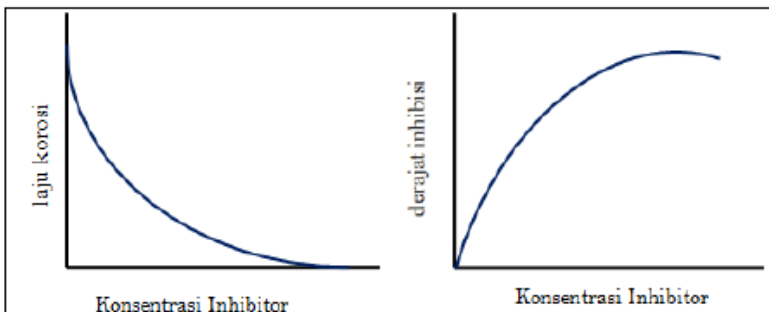
- *Impressed Current*
 - *Galvanic Sacrificial Anode*
 - *Galvanic Zinc Application*
 - *Zinc Metallizing*
 - *Zinc-Rich Paints*
 - *Hot-Dip Galvanizing*
- e. Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)
Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidaklarutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam-logam *active-passive* seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan paduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan potentiostat) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak larut akan berkurang.
- f. Inhibitor Korosi
Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan *inhibitor* korosi. Secara umum suatu *inhibitor* adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia.
- g. Pengubahan Media / Lingkungan Kerja (*Environment Change*)
Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka pengubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi, yaitu:
- Media sekitar / lingkungan berupa gas
 - Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu
 - Logam terbenam dalam tanah
- h. Pelapisan (*Coatings*)
Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapiskan logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak antara logam dengan lingkungannya. Jenis - jenis *coating* :
- *Metallic coatings*



- *Paint /organic coatings*
 - *Chemical conversion coatings*
 - *Miscellaneous coatings (enamel, thermoplastics)*
- (Sidiq, 2013)

2.5 Inhibitor Korosi

Inhibitor merupakan senyawa yang jika ditambahkan dalam jumlah kecil pada suatu sistem korosi dapat meminimalkan laju korosi pada konsentrasi tertentu (Uhlig, 2004). Inhibitor korosi ditambahkan ke dalam media dalam tingkat *parts per million* (ppm). Inhibitor korosi bekerja dengan membentuk lapisan pasif berupa lapisan tipis atau film dipermukaan material yang berfungsi sebagai penghalang antara logam dengan media yang korosif. Banyak jenis inhibitor yang tersedia yang dapat dipilih untuk mengatasi permasalahan korosi. Metode ini biasanya diaplikasikan pada interior dari pipa, bejana, dan peralatan lainnya.



Gambar 2.11. Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor sebagai Fungsi Konsentrasi Inhibitor (Sastri, 2011).

Pemilihan inhibitor korosi tergantung pada kondisi aktual dari lapangan. Seleksi dan kualifikasi inhibitor korosi di laboratorium perlu dilakukan sebelum digunakan. Faktor seperti temperatur dan kondisi laju aliran perlu dipelajari sebelum menentukan inhibitor korosi. Perhatian juga harus diberikan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



seperti faktor komposisi dan mikrostruktur dari material yang digunakan, absorpsi inhibitor oleh partikel yang tersuspensi dalam air. Efektivitas inhibitor korosi juga sangat ditentukan oleh temperatur dan komposisi hidrokarbon pada sistem karena akan mempengaruhi kelarutan inhibitor. Dalam pemakaian inhibitor, produsen menjelaskan secara spesifik atau merekomendasikan jumlah/dosis pemakaian produknya. Sangat penting untuk diketahui kinerja produk apabila kelebihan atau kekurangan dosis. Jumlah inhibitor harus cukup untuk melindungi permukaan material dari sistem. Apabila dosis yang diberikan kurang dari yang diperlukan, maka akan ada bagian permukaan material yang tidak terlindungi, sehingga bagian ini akan terkorosi (Sofia, 2010).

Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor anorganik dan organik (*green inhibitor*). Inhibitor anorganik antara lain arsenat, kromat, silikat, dan fosfat yang merupakan jenis bahan kimia yang mahal, berbahaya, dan tidak ramah lingkungan, sehingga akan memberikan efek buruk bila berinteraksi langsung dengan tubuh manusia. Inhibitor organik lebih aman dan ramah lingkungan karena berasal dari bahan alami (Sharma, 2008). Kandungan senyawa antioksidan seperti polifenol, tanin, alkaloid, saponin, minyak atsiri, dan asam amino mempunyai banyak unsur N, O, P, dan S yang dapat membentuk senyawa kompleks sulit larut dengan ion logam yang mampu menghambat korosi pada logam. Inhibitor korosi secara umum akan membentuk lapisan tipis protektif yang mencegah terjadinya kontak antara larutan korosif dengan baja. Keunggulan dari penambahan inhibitor korosi ini adalah tidak membutuhkan biaya perawatan, dapat ditambahkan ke dalam lingkungan jika kemampuan untuk menghambat korosi menurun dan lebih murah (Dewi, 2004).

Rani, *et al* (2012) menyebutkan bahwa inhibitor akan mereduksi kecepatan korosi dengan cara:

1. Adsorpsi ion/molekul inhibitor ke permukaan logam.
2. Meningkatkan atau menurunkan reaksi anoda dan atau katoda.



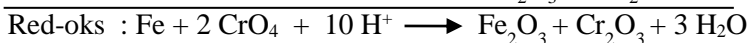
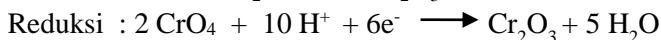
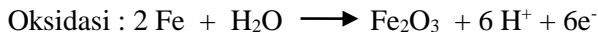
3. Menurunkan kecepatan difusi reaktan ke permukaan logam.
4. Menurunkan hambatan listrik dari permukaan logam.
5. Inhibitor mudah membentuk lapisan *in situ* pada permukaan logam.

2.5.1 Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik bekerja pada anoda dengan cara menghambat terjadinya reaksi anodik. Inhibitor jenis ini bekerja dengan mengubah sifat permukaan logam menjadi pasif. Anorganik anion seperti kromat dan nitrit akan membentuk sebuah senyawa ionik yang akan menempel pada permukaan dimana kemudian lapisan ini akan menjadi penghambat dari reaksi korosi (Jones, 1992). Sayangnya, inhibitor jenis anodik ini memiliki kelemahan yaitu kadar inhibitor yang terkandung dalam lingkungan harus terjaga dengan stabil. Sebab apabila kandungannya kurang maka akan dapat mempercepat laju korosi semakin cepat dan membuat terbentuknya *pitting*. Terdapat dua jenis inhibitor anodik yaitu (Roberge, 2008) :

1. *Oxidizing ion* yang bisa membentuk perlindungan pada logam tanpa membutuhkan oksigen, contoh inhibitor jenis ini adalah inhibitor berbasis nitrat, kromat, dan nitrit.
2. *Non-Oxidizing ion* adalah jenis inhibitor anodik yang membentuk lapisan pasif pada permukaan anoda dengan membutuhkan kehadiran oksigen seperti *osshphate*, *tungsten*, *molybdate*.

Salah satu contoh inhibitor yang memasifkan anoda adalah senyawa-senyawa kromat, misalnya $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Salah satu reaksi redoks yang terjadi dengan logam besi adalah :





Padatan atau endapan Fe_2O_3 dan Cr_2O_3 inilah yang kemudian bertindak sebagai pelindung bagi logamnya. Lapisan endapan tipis saja, namun cukup efektif untuk melindungi permukaan logam yang lemah dari serangan zat-zat agresif. Untuk ini diperlukan kontinuitas pembentukan lapisan endapan mengingat lapisan tersebut bisa lepas yang disebabkan oleh adanya arus larutan. Berbagai data penelitian dengan berbagai kondisi percobaan menganggap bahwa Cr (III) nampak dominan pada spesimen yang didukung oleh pembentukan lapisan udara, sementara itu Cr (IV) teramati di daerah luar dari spesimen pengamatan yang didukung oleh suatu lapisan pelindung yang mengandung Cr (III). Ini menunjukkan bahwa terjadinya reduksi Cr (IV) menjadi Cr (III) pada permukaan spesimen. Secara keseluruhan tebal lapisan yang terdiri dari spesimen kromium dan aluminium memperlihatkan lapisan dalam bentuk Cr (IV) memiliki ketebalan sekitar satu per-enam dari tebal lapisan keseluruhan.

Hasil penelitian dengan menggunakan teknik pendar fluor dari adsorpsi sinar x memperlihatkan disagregasi lapisan yang mengandung Cr (IV) sebanding dengan pertumbuhan Cr_2O_3 yang mengisi celah-celah lapisan anodik (dalam hal ini Al_2O_3) diatas permukaan logam Al.

Cara yang sudah umum tentang studi pembentukan lapisan pasif pada permukaan logam akibat reaksi antar muka logam dengan inhibitor dapat menggunakan diagram potensial pH dan secara kinetik dengan menggunakan kurva polarisasi. Inhibitor jenis CrO_4^- dan NO_2^- cukup banyak digunakan untuk perlindungan logam besi dan aluminium terhadap berbagai medium korosif. Namun, secara studi teoritis maupun eksperimental, kedua jenis inhibitor tersebut kurang baik digunakan dalam medium yang mengandung H_2S dan Cl^- . (Dalimunthe, 2004).



Dengan adanya H_2S , sebagian dari CrO_4 bereaksi dengan H_2S yang menghasilkan belerang. Nampaknya Cr_2O_3 yang terbentuk tidak dapat terikat kuat pada logamnya. Sedangkan pada medium Cl^- , terjadi kompetisi reaksi dengan logamnya. Misalnya, ion klorida dapat membentuk kompleks terlarut dengan senyawa Fe (III) yang ada pada permukaan logam besi, sehingga lapisan pelindung Cr_2O_3 - Fe_2O_3 sukar dipertahankan keberadaannya. Tabel 2.2 berikut ini merupakan rangkuman tentang penggunaan inhibitor kromat untuk melindungi beberapa jenis logam dalam berbagai lingkungan korosif.

Tabel 2.2. Konsentrasi Efektif dari Inhibitor Kromat
(Dalimunthe, 2004)

Logam	Lingkungan	Inhibitor
Aluminium	HNO_3 10%	alkali, kromat 0,1%
	H_3PO_4	Na_2CrO_4 0,5%
	H_2PO 20%	Na_2CrO_4 5%
	H_3PO_4 pekat	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
	Etanol panas	Na_2CrO_4 1%
	NaCl 3-5%	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,5%
	Na-trikloroasetat 50%	Na_2CrO_4 0,3%
	Tetrahidrofur, alk	
Tembaga	Tetrahidrofur, alk	Na_2CrO_4 0,3%
Baja	Na – trikloroasetat 50%	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,5%
	Tetrahidrofur, alk	Na_2CrO_4 0,3%

Tabel 2.3 memperlihatkan konsentrasi kritis dari NaCl dan Na_2SO_4 selaku depasivator pada penggunaan Na_2CrO_4 dan NaNO_3 selaku inhibitor korosi logam besi.



Tabel 2.3. Konsentrasi Kritis NaCl dan Na₂SO₄ sebagai Depasivator pada Inhibitor Na₂CrO₄ dan NaNO₂ bagi Logam Besi (Dalimunthe, 2004)

Inhibitor	Konsentrasi	Konsentrasi kritis (ppm)	
		NaCl	Na ₂ SO ₄
Na ₂ CrO ₄	200	12	55
	500	30	120
NaNO ₂	50	210	20
	100	460	55
	500	200	450

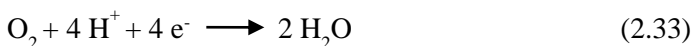
Hal lain yang perlu diperhatikan adalah apabila konsentrasi inhibitor jenis ini tidak mencukupi, sehingga dapat menyebabkan peningkatan kecepatan korosi logam. Bila lapisan pasif yang terbentuk tidak mencukupi untuk menutupi permukaan logam, maka bagian yang tidak tertutupi akan terkorosi dengan cepat. Akibatnya, akan terbentuk permukaan anoda yang sempit dan permukaan katoda yang jauh lebih luas, sehingga terjadilah korosi setempat dengan bentuk sumuran-sumuran. Contoh senyawa lain dari inhibitor pasivasi anodik adalah fosfat (PO₄³⁻), tungstat (WO₄²⁻) dan molibdat (MoO₄²⁻), yang oleh karena tidak bersifat oksidator maka reaksinya dengan logamnya memerlukan kehadiran oksigen (Dalimunthe, 2004).

2.5.2 Inhibitor Katodik

Dua reaksi utama yang umum terjadi pada katoda di dalam air, yaitu reaksi pembentukan hidrogen dari proton :



dan reaksi reduksi gas oksigen dalam suasana asam





Karena bagi suatu sel korosi, reaksi reduksi oksidasi terbentuk oleh pasangan reaksi reduksi dan reaksi oksidasi dengan kecepatan yang sama, maka apabila reaksi reduksi (pada katoda) dihambat akan menghambat pula reaksi oksidasi (pada anoda). Inilah yang menjadi pedoman pertama di dalam usaha menghambat korosi logam dalam medium air atau medium asam.

Hal yang kedua adalah melalui penutupan permukaan katoda oleh suatu senyawa kimia tertentu baik yang dihasilkan oleh suatu reaksi kimia atau melalui pengaturan kondisi larutan, misalnya pH. Keterbalikan dari inhibitor anodik, inhibitor jenis ini adalah inhibitor yang bekerja dengan cara memperlambat laju korosi melalui penghambatan proses yang terjadi di katodik. Penghambatan reaksi yang terjadi pada katoda adalah dengan cara membentuk presipitasi di permukaan material agar menghasilkan suatu tahanan dan impedansi di permukaan katoda, atau dengan cara memperkecil kemampuan difusi zat yang akan tereduksi. Terutama dengan menurunkannya kadar oksigen yang terlarut (Fontana, 1986). Apabila reaksi katodik ini dapat dihambat, maka hal yang serupa juga terjadi pada reaksi anodik sebab reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda berjalan setimbang.

Inhibitor katodik terbagi atas beberapa jenis berdasarkan mekanisme inhibisi-nya yaitu :

1. Racun katodik (*Cathodic Posions*), yang dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen.
2. Katodik Presipitasi (*Cathodic Precipitate*) seperti Natrium, Magnesium, Zinc yang membentuk lapisan presiptat oksida di permukaan material.
3. *Oxygen Scavenger* yang menghambat laju korosi dengan cara mengurangi kadar oksigen dalam larutan yang bisa membuat efek depolarisasi contoh dari jenis *oxygen scavenger* ini antara lain *hydrazine*, DEHA, Natrium sulfit, dan *ascorbic acid*.

Defisiensi inhibitor katodik dalam sebuah lingkungan tidak akan menyebabkan terjadinya serangan *pitting* seperti yang sering sekali terjadi pada inhibitor anodik. Laju korosi akan menurun

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



secara seragam pada permukaan seiring dengan turunnya konsentrasi dari inhibitor katodik ini (Jones, 1992).

Inhibitor harus berperan menghambat kedua tahap reaksi diatas terutama reaksi yang pertama, misalnya berdasarkan diagram arus potensial (voltamogram) reaksi pembentukan hidrogen dari asamnya, maka untuk memperkecil arus katodik dapat dengan menurunkan tegangan lebih katodiknya. Namun, hal yang harus dipertimbangkan adalah apabila inhibitor hanya menghambat reaksi kedua saja, maka akan terjadi penumpukan atom hidrogen pada permukaan katoda. Atom-atom tersebut dapat terpenetrasi ke dalam kisi logam dan mengakibatkan timbulnya keropuhan akibat hidrogen (Dalimunthe, 2004).

Senyawa sulfida (S) dan selenida (Se) mungkin dapat digunakan, karena dapat terserap pada permukaan katoda. Namun sayang sekali pada umumnya senyawa-senyawa itu mempunyai kelarutan yang rendah di dalam air atau suasana asam. Selain itu dapat pula mengendapkan berbagai logam, disamping sifat racunnya. Senyawa arsenat, bismutat dan antimonat dapat pula digunakan, yang melalui suatu reaksi tertentu (misal reaksi kondensasi) dapat tereduksi menghasilkan produk yang mengendap pada katoda. Biasanya reaksi tersebut berlangsung pada pH relatif rendah. Inhibitor jenis kedua adalah yang dapat diendapkan pada katoda. Cukup banyak senyawa-senyawa yang dengan pengaturan pH larutan dapat membentuk suatu endapan, misalnya garam-garam logam transisi akan mengendap sebagai hidroksidanya pada pH tinggi yang lazim digunakan adalah ZnSO_4 yang terhidrolisis.



pH larutan harus tetap tinggi mengingat harus menetralsir asam yang berbentuk. Cara sederhana lainnya adalah pembentukan karbonat dari logam alkali tanah (CaCO_3 , BaCO_3 , atau MgCO_3) melalui reaksi :

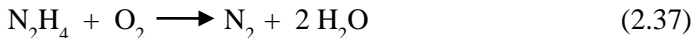




Atau apabila diperkirakan sudah ada senyawa sebagai bikarbonatnya, dapat melalui pemanasan :



Perhitungan yang teliti dapat dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang baik berdasarkan data K_{sp} , tetapan keasaman, dan tetapan kestabilan dari berbagai spesi yang ada dalam sistem itu. Jenis inhibitor yang mempasifisi katodik lainnya adalah didasarkan pada kerjanya yang mengikat oksigen terlarut (*oxygen scavenger*). Hidrasin (N_2H_4) merupakan senyawa yang paling banyak digunakan, yang reaksinya dengan oksigen adalah :



Untuk mempercepat reaksi, diperlukan katalisator, misalnya garam dari Co (II), Mn (II) atau Cu (II), dan pada akhir-akhir ini banyak digunakan senyawa-senyawa organologam. Organologam dihasilkan akibat reaksi pembentukan senyawa khelat antara ion logam dengan suatu ligan tertentu, misal senyawa Co (3,4 - toluen diamine) $_2\text{Cl}_2$. Tabel 2.4 berikut ini menunjukkan peningkatan lajut ikat dari hidrasin terhadap oksigen dengan adanya katalis tersebut (Dalimunthe, 2004).

Tabel 2.4. Pengaruh Katalis Co (3,4-Toluen diamine) $_2\text{Cl}_2$ terhadap Laju Reaksi Pengikatan O_2 oleh Hidrasin (Dalimunthe, 2004)

	Waktu				
	0	3	5	7	10
Hidrasin dengan katalis Co (3,4-Toluen diamine) $_2\text{Cl}_2$	7,4	4,6	2,4	0,7	0,3
Hidrasin tanpa katalis	8,7	7,4	6,8	6,4	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Angka banding jumlah senyawa kompleks terhadap senyawa hidrasin adalah antara 0,002-0,04 bagian senyawa kompleks terhadap 1 bagian senyawa hidrasin.

Di samping katalis garam-garam logam transisi atau senyawa kompleks organologam, dapat pula digunakan senyawa senyawa organik jenis aryl amina. Tabel 2.5 di bawah ini menunjukkan efektifitas beberapa jenis senyawa aryl amina sebagai katalis bagi hidrazin selaku *oxygen scavenger*. Studi dilakukan dalam kondisi 150 ppm hidrasin, pH = 10, pada suhu 25°C, sebagai *oxygen scavenger* dalam air untuk keperluan boiler (Dalimunthe, 2004).

Tabel 2.5. Penggunaan Katalis Senyawa Aryl Amina sebagai Katalis bagi Hidrasin sebagai *Oxygen Scavenger* bagi Air untuk Boiler (Dalimunthe, 2004)

Senyawa Aryl Amina 3 ppm	% O ₂ yang hilang	
	5 menit	10 menit
o-phenylen diamina	44	82
p-phenylen diamina	84	95
2,3 –Toluen diamine	55	92
2,6 – Toluen diamine	75	95
n-animo benzoteifluorida	62	95
1-animo-2 naphthol-4 sulfanic acid	65	95
hidrasin tanpa katalis (sebagai control)	25	50

Selain hidrasin, masih terdapat senyawa-senyawa lain yang dapat digunakan sebagai *oxygen scavenger*, misalnya Na₂SO₃, hidroksil amin HCl, N,N-diethyl hydroxylamin, gas SO₂, dan sebagainya.

2.5.3 Mixed-Typed Inhibitor

Inhibitor tipe gabungan mempengaruhi *branch* anodik dan katodik pada kurva polarisasi. Substansi organik berfungsi sebagai inhibitor tipe gabungan. Inhibitor organik teradsorpsi pada permukaan logam menyediakan *barrier* terhadap disolusi di



anoda dan *barrier* reduksi oksigen pada site katoda. grup yang berfungsi *protective* pada inhibitor organik gabungan dapat berupa *amino*, *carboxyl*, dan *phosphonate*.

2.5.4 Inhibitor Presipitasi

Inhibitor jenis ini adalah inhibitor yang memiliki sifat dapat membentuk *presipitat* dipermukaan logam. Sebagai akibat lain daripada penggunaan inhibitor pembentuk lapisan pada katoda maupun anoda adalah semakin bertambahnya tahanan daripada rangkaian elektrolit. Lapisan yang dianggap memberikan kenaikan tahanan yang memadai biasanya mencapai ketebalan beberapa mikroiinchi. Apabila lapisan terjadi secara selektif pada daerah anoda, maka potensial korosi akan bergeser kearah harga yang lebih positif, dan sebaliknya potensial korosi akan bergeser ke arah yang lebih negatif bilamana lapisan terjadi pada daerah katoda (Dalimunthe, 2004).

Contoh dari inhibitor jenis ini adalah silika dan fosfat, yang pada umumnya baik digunakan untuk melindungi baja keduanya cukup efektif bila kondisi pH mendekati 7 dengan kadar Cl^- yang rendah. E.F. Duffek dan Mc. Kinney telah melakukan studi tentang penggunaan natrium silikat sebagai inhibitor korosi bagi logam besi. Dalam hal ini natrium silikat bertindak sebagai inhibitor memasifkan anoda.

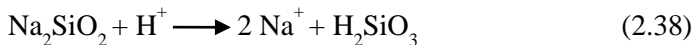
Percobaan dilakukan terhadap elektroda baja yang diperlakukan selama 24-28 jam dalam larutan natrium silikat (dengan kadar SiO_2 antara 3-500 ppm), dan dialiri udara. Selanjutnya hasilnya dibandingkan dengan perlakuan baja larutan natrium hidroksida pada pH yang sama. Korosi tidak terjadi walaupun dalam medium yang mengandung 15 ppm SiO_2 , sedangkan pada larutan natrium hidroksida menunjukkan adanya korosi.

Konsentrasi minimum dari inhibitor tergantung pada impuritis ada air, karena adakalanya suatu impuritis membantu melindungi anoda melalui pembentukan lapisan, dan di lain pihak

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



ada impuritis yang dapat mempeptisasikan atau malah melarutkan lapisan pelindungnya. Reaksi yang diperkirakan terjadi adalah



Asam silikat akan nampak sebagai larutan keloid. Pengendapan SiO_2 sangat tergantung pada pH dan konsentrasi natrium silikat di dalam larutannya. Pada umumnya larutan natrium silikat yang digunakan mempunyai komposisi 8,76% Na_2O , 28,38% SiO_2 , dan selebihnya pengotor-pengotor, diantaranya Fe_2O_3 dan Al_2O_3 .

Kehadiran pengotor senyawa besi dan aluminium dianggap menguntungkan karena menambah endapan yang terbentuk. Konsentrasi natrium silikat yang digunakan bervariasi dari 2-10 ppm yang tergantung dari jenis air yang akan dilindungi. Gangguan dapat terjadi apabila terdapat ion Ca (II) dan Mg (II) dalam jumlah yang tinggi. Rumitnya fenomena kimia yang terjadi pada penggunaan inhibitor jenis silikat atau fosfat adalah adanya kemungkinan terbentuknya senyawa polisilikat atau polifosfat, yang dalam hal ini memerlukan kehadiran oksigen. Pada prakteknya pun formulasi dari inhibitor jenis silikat dan fosfat adalah dengan mencampurkan atau memvariasikan komposisi berbagai senyawa polisilikat atau polifosfat. Perhitungan mengenai kondisi larutan (pH) dan konsentrasi inhibitor sangat diperlukan sekali.

Contoh lain dari proses inhibitor presipitasi ini adalah pada lingkungan *hard water* yaitu keadaan dimana banyak terkandung ion kalsium dan magnesium yang bisa menghambat laju korosi akibat kalsium yang mengendap membentuk presipitat dipermukaan logam (Roberge, 2008). Inhibitor jenis ini terkadang membutuhkan oksigen untuk mendapat reaksi inhibisi yang baik.



2.5.5 Inhibitor Mudah Menguap (*Volatile Corrosion Inhibitors*)

Inhibitor jenis ini bekerja pada ruangan tertutup dengan cara meniupkannya dari tempatnya diuapkan menuju ke lingkungan yang korosif. Inhibitor ini setelah menyentuh permukaan logam yang akan dilindungi lalu terkondensasi menjadi garamnya dan memberikan ion yang bisa melindungi logam dari korosi. Kemampuan dan efektifitas dari inhibitor jenis ini tergantung dari kemampuan menguap campuran inhibitor tersebut. Untuk perlindungan yang cepat diperlukan inhibitor yang kemampuan uapnya tinggi. Namun untuk perlindungan yang lebih lambat namun untuk jangka panjang dibutuhkan inhibitor yang mampu uapnya rendah (Roberge, 2008).

2.5.6 Inhibitor Organik

Inhibitor korosi organik paling umum digunakan di *oil field*. Pada umumnya, inhibitor korosi merupakan senyawa organik yang berfungsi membentuk lapisan/film tipis dipermukaan material yang akan melindungi dalam media yang korosif. Senyawa organik merupakan inhibitor yang baik karena ada pasangan elektron bebas dari atom nitrogen yang bisa diserap permukaan logam dan rantai hidrokarbon membentuk lapisan film hidropobik pada permukaan. Lapisan film inhibitor memutus mata rantai korosi dengan memisahkan logam dari media yang korosif. Inhibitor ini merupakan senyawa organik yang mempunyai bagian kepala yang polar dan bagian lainnya merupakan hidrokarbon rantai panjang. Inhibitor korosi organik biasanya berupa garam logam yang berperan mempasifkan permukaan logam. Inhibitor korosi organik pemakaiannya agak terbatas karena memerlukan konsentrasi yang tetap, pH yang sensitif dan kadang tidak efektif dengan adanya klorida. Inhibitor korosi organik biasanya berupa garam logam yang berperan mempasifkan permukaan logam. Inhibitor korosi organik pemakaiannya agak terbatas karena memerlukan konsentrasi yang



tetap, pH yang sensitif dan kadang tidak efektif dengan adanya klorida (Sofia, 2010).

Inhibitor ini pada umumnya membentuk lapisan film organik. Inhibitor ini merupakan senyawa organik yang mempunyai bagian kepala yang polar dan bagian lainnya merupakan hidrokarbon rantai panjang. Inhibitor organik mampu untuk memunculkan efek katodik dan juga anodik. Mekanisme dari inhibitor jenis ini adalah dengan cara membentuk lapisan tipis yang bersifat hidrofobik sebagai hasil adsorpsi ion inhibitor oleh permukaan logam. Inhibitor organik ini membentuk lapisan protektif yang teradsorpsi di permukaan logam dan menjadi penghalang antara logam dan elektrolit sehingga reaksi reduksi dan oksidasi pada proses korosi dapat terhambat. Contoh dari inhibitor organik ini adalah gugus kimia yang bisa membentuk ikatan *co-ordinates* dengan logam seperti *amino* ($-\text{NH}_2$), *carboxyl* ($-\text{COOH}$), dan *phosphonate* ($-\text{PO}_3\text{H}_2$) (Andijani, 2005). Reaksi adsorpsi pada saat pembentukan lapisan yang protektif ini dipengaruhi oleh panas dan tekanan. Inhibitor organik akan terabsorpsi sesuai muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan absorpsi merupakan faktor penting bagi inhibitor dalam menghambat korosi.

2.6 Mekanisme Inhibisi secara Adsorpsi

Penyerapan suatu zat oleh zat lain disebut sorpsi. Ada dua jenis sorpsi, yaitu absorpsi dan adsorpsi. Pada adsorpsi, zat yang diserap hanya terdapat pada bagian permukaan zat penyerap, sedangkan pada absorpsi, zat atau ion yang diserap masuk ke bagian dalam zat penyerap. Adsorpsi semata-mata hanya suatu efek permukaan, sedangkan dalam absorpsi, zat cair dan gas yang diabsorpsi menembus kedalam ruang - ruang kapiler dari zat pengabsorpsi. Ada dua jenis komponen yang terlibat dalam adsorpsi, yaitu zat terserap (adsorbat) dan zat penyerap (adsorben).

Ada tiga cara yang dilakukan inhibitor teradsorpsi terhadap permukaan logam, yaitu :



- a) Pembentukan penghalang secara fisika atau kimia
- b) Isolasi langsung situs-situs anodik dan katodik
- c) Berinteraksi dengan antarmediasi reaksi korosi

Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan senyawa kompleks. Namun, dalam adsorpsi terbagi menjadi 3 mekanisme yaitu (Roberge, 2008) :

1. *Physical adsorption*

Mekanisme ini terbentuk hasil dari interaksi elektrostatis antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang diberi muatan positif akan mengikat inhibitor dengan muatan negatif. Begitu juga dengan sebaliknya. Ikatan ini terbentuk dengan cepat dan bersifat bolak-balik namun mudah hilang atau rusak dari permukaan logam.

2. *Chemisorption*

Mekanisme ini terbentuk dari transfer atau membagi muatan antara molekul dari inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya tidak bolak-balik namun dalam pembentukannya berjalan lebih lambat.

3. *Film Forming*

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat bawaan dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka logam-larutan. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal dua dari jenis adsorpsi di atas yang berjalan simultan. Sebagai contoh, adsorpsi inhibitor organik pada logam di lingkungan HCl adalah kombinasi *chemisorptions-physical adsorption* yang memberikan perlindungan fisik dan kimiawi (NACE International, 1973).



Tabel 2.6. Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi (Firmansyah, 2011)

	Fisisorpsi	Kemisorpsi
Tipe interaksi	Molekul terikat secara <i>Van der Waals</i> atau gaya elektrostatik	Molekul terikat secara ikatan kimia dengan terjadinya transfer atau berbagi muatan
Reversibilitas	Absorbat mudah dihilangkan dengan pelarut pembersih	Adsorpsi tidak dapat kembali, lebih kuat
Energi	Panas adsorpsi rendah < 40 kJ/mol	Panas adsorpsi tinggi > 40 kJ/mol
Kinetika	Proses adsorbs berlangsung cepat	Proses adsorpsi lambat
Spesifitas	Bersifat tidak spesifik atau tidak dipengaruhi identifikasi permukaan	Interaksi spesifik , sangat bergantung pada identifikasi permukaan

Kemampuan inhibisi korosi dari senyawa karbon tergantung pada sifat adsorpsi dan konsentrasi inhibitor teradsorpsi dalam melindungi permukaan logam dari media korosif, dan atau memodifikasi reaksi elektroda dari pelarutan logam pada proses anodik. Adanya adsorpsi senyawa organik pada permukaan elektroda memberikan informasi tentang lapis rangkap listrik, kinetika transfer elektron, dan peran antarmedia dalam mekanisme inhibisi dari proses elektroda seperti pada sintesis elektroorganik dan elektroplating. Adsorpsi sangat tergantung pada sifat fisika dan kimia dari molekul inhibitor, seperti gugus fungsi, faktor sterik, sifat aromatis, rapat elektron atom donor, dan karakter orbital π dari donor elektron (Firmansyah, 2011).



2.7 Tumbuhan Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*)

Tumbuhan sarang semut merupakan salah satu tumbuhan yang telah secara luas dimanfaatkan untuk pengobatan berbagai penyakit, hanya saja dukungan ilmiah penggunaan tumbuhan obat ini masih sangat sedikit. Sifatnya yang epifit menguntungkan bagi pemanfaatannya sebagai tanaman obat karena eksploitasinya tidak membahayakan ekosistem. Sarang semut tersebar dari hutan bakau dan pohon-pohon di pinggir pantai hingga ketinggian 2.400 m. Sarang semut paling banyak ditemukan di padang rumput, di hutan dan daerah pertanian terbuka dengan ketinggian sekitar 600 m dan jarang ditemukan di hutan tropis dataran rendah. Sarang semut banyak ditemukan menempel pada beberapa pohon, umumnya di pohon kayu putih, cemara gunung, kaha, dan pohon beech, tetapi jarang pada pohon-pohon dengan batang halus dan rapuh.

Di Indonesia, namanya berbeda-beda. Di Papua, sarang semut disebut sebagai nongon. Di Jawa dikenal sebagai urek-urek polo. Sedangkan, di Sumatera disebut kepala beruk dan rumah semut. Sarang semut terdiri atas empat bagian yakni daun, batang, umbi, dan bunga (Subroto, 2007). Adapun secara morfologi, sarang semut mempunyai ciri - ciri sebagai berikut:

1. Umbi

Umbi pada tumbuhan sarang semut umumnya berbentuk bulat saat muda, kemudian menjadi lonjong memendek atau memanjang setelah tua. Umbinya hampir selalu berduri. Dalam umbi sarang semut terdapat labirin yang dihuni oleh semut atau cendawan. Keunikan tumbuhan ini terletak pada koloni semut yang bersarang pada umbi sehingga terbentuk lubang-lubang atau labirin. Di habitat aslinya, sarang semut dihuni oleh ratusan semut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Zoologi mengidentifikasi semut di dalam labirin adalah jenis *Ochetellus sp.* Simbiosis mutualisme terjadi diantara semut dan *Myrmecodia*. Semut akan melindungi *Myrmecodia* dari herbivora dan predator lain dan *Myrmecodia* menjadi



rumah yang nyaman sekaligus menyediakan sumber pakan untuk kelangsungan hidup koloni semut

2. Batang

Tumbuhan sarang semut memiliki satu cabang, jarang bercabang. Batangnya tebal dan ruasnya pendek, berwarna coklat muda hingga abu-abu.

3. Daun

Daun sarang semut tunggal, bertangkai, tersusun menyebar namun lebih banyak terkumpul diujung batang, dan berwarna hijau. Berbentuk jorong, panjang 20-40 cm, lebar 5-7 cm. Helaian agak tebal, lunak dengan ujung tumpul dan pangkal meruncing. Bagian tepi rata, permukaan halus, dan tulang daun berwarna merah (Florentinus, 2013).

4. Bunga

Pembungaan dimulai sejak terbentuknya beberapa ruas (internodal) pada batangnya dan ada pada tiap nodus (buku), bunga berwarna putih. Sarang semut adalah tumbuhan yang melakukan penyerbukan sendiri.

Tanaman sarang semut adalah anggota famili *Rubiaceae*.

Berikut ini adalah klasifikasi tumbuhan sarang semut (Florentinus, 2013) :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Tracheophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Subkelas	: <i>Lamiidae</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Myrmecodia</i>
Spesies	: <i>Myrmecodia pendans</i>



Gambar 2.12. Tumbuhan Sarang Semut
(<http://caraminumsarangsemut.com/wpcontent/uploads/2011/12/pohon-sarang-semut.jpg>)

Ekstrak sarang semut mengandung senyawa fenolik yang dapat dianggap sebagai antioksidan yang bersifat kuat. Berdasarkan uji penapisan kimia dari tumbuhan sarang semut menunjukkan bahwa tumbuhan ini mengandung senyawa-senyawa kimia dari golongan flavonoid (Subroto, 2008). Flavonoid merupakan golongan senyawa bahan alami dari senyawa fenolik yang merupakan pigmen tumbuhan. Flavonoid pada tumbuhan sarang semut dinilai sebagai zat antioksidan yang bersifat kuat karena kemampuan untuk memberikan hidrogen atau elektron untuk membentuk radikal intermediet yang stabil (Wang dkk, 2010). Selain senyawa flavonoid, sarang semut juga mengandung senyawa tanin dan tokoferol serta beberapa mineral. Tanin merupakan astringen dan polifenol tanaman berasa pahit yang dapat mengikat dan mengendapkan protein. Tumbuhan sarang semut juga kaya akan antioksidan tokoferol (Vitamin E) dan beberapa mineral penting untuk tubuh seperti kalsium, natrium, kalium, seng, besi, fosfor dan magnesium. Komposisi



dan kandungan senyawa aktif dalam tumbuhan sarang semut ditampilkan pada Tabel 2.7.

Tabel. 2.7. Komposisi dan Kandungan Senyawa Aktif Tumbuhan Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) (Subroto, 2008)

Parameter	Satuan	Nilai
Energi	Kkal/100g	350,52
Kadar Air	g/100g	4,54
Kadar Abu	g/100g	11,13
Kadar Lemak	g/100g	2,64
Kadar Protein	g/100g	2,75
Kadar Karbohidrat	g/100g	78,94
Tokoferol	mg/100g	31,34
Total Fenol	g/100g	0,25
Kalsium (Ca)	g/100g	0,37
Natrium (Na)	mg/100g	68,58
Magnesium (Mg)	g/100g	1,50
Kalium (K)	g/100g	3,61
Seng (Zn)	mg/100g	1,36
Besi (Fe)	mg/100g	29,24

2.8 Antioksidan

Menurut Kosasih (2004), definisi antioksidan adalah zat yang dapat menetralkan radikal bebas sehingga atom dengan elektron yang tidak berpasangan mendapat pasangan elektron sehingga tidak reaktif lagi. Aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kandungan lipid, konsentrasi antioksidan, suhu, tekanan oksigen, dan komponen kimia dari makanan secara umum seperti protein dan air. Proses penghambatan antioksidan berbeda-beda tergantung dari struktur kimia dan variasi mekanisme. Senyawa antioksidan memiliki beberapa mekanisme kerja antara lain penambahan elektron (oksidasi), reduksi, dan *chelating* (Barbusinski, 2009). *Chelating* logam oleh senyawa tertentu dapat menurunkan efek pro-oksidan suatu senyawa



dengan mengurangi potensial redoks dan menstabilkan bentuk teroksidasi dari logam (Koncic *et al.*, 2011). Dalam mekanisme ini yang paling penting adalah reaksi dengan radikal bebas lipid, yang membentuk produk non-aktif. (Gordon, *et al.* 2001). Mekanisme dari aktivitas antioksidan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Mekanisme Aktivitas Antioksidan

Jenis Antioksidan	Mekanisme Aktivitas Antioksidan	Contoh Antioksidan
Penstabil Hidroperoksida	<ul style="list-style-type: none"> Menonaktifkan radikal bebas lipid Mencegah penguraian hidroperoksida menjadi radikal bebas 	Senyawa Fenol
Sinergis	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan aktivitas antioksidan 	Asam Sitrat dan Asam Askorbat
Chelator Logam	<ul style="list-style-type: none"> Mengikat berat logam menjadi senyawa ion aktif 	Asam Fosfat dan Asam Sitrat
Penurun Hidroperoksida	<ul style="list-style-type: none"> Mengurangi Hidroperoksida 	Protein, Asam Amino

Kemampuan antioksidan umumnya diukur berdasarkan nilai IC_{50} , dimana IC_{50} ini menggambarkan besarnya konsentrasi suatu senyawa yang mampu menghambat radikal bebas sebanyak 50%. Jika nilai IC_{50} semakin kecil, maka kemampuan antioksidan semakin besar (Seneviratne *et al.*, 2006). Penggolongan tingkat aktivitas antioksidan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.9. Penggolongan Tingkat Aktivitas Antioksidan
(Blois, 1958)

No	Nilai IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)	Tingkat Aktivitas Antioksidan
1	151 – 200	Lemah
2	100 – 150	Sedang
3	50 – 100	Kuat

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



4	< 50	Sangat Kuat
---	------	-------------

Berkaitan dengan fungsinya, senyawa antioksidan di klasifikasikan dalam lima tipe antioksidan, yaitu:

- a. *Primary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa fenol yang mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas asam lemak. Dalam hal ini memberikan atom hidrogen yang berasal dari gugus hidroksi senyawa fenol sehingga terbentuk senyawa yang stabil. Senyawa antioksidan yang termasuk kelompok ini, misalnya BHA, BHT, PG, TBHQ, dan tokoferol.
- b. *Oxygen scavengers*, yaitu senyawa-senyawa yang berperan sebagai pengikat oksigen sehingga tidak mendukung reaksi oksidasi. Dalam hal ini, senyawa tersebut akan bereaksi dengan oksigen yang berada dalam sistem sehingga jumlah oksigen akan berkurang. Contoh dari senyawa-senyawa kelompok ini adalah vitamin C (asam askorbat), askorбилpalminat, asam eritorbat, dan sulfit.
- c. *Secondary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa yang mempunyai kemampuan untuk berdekomposisi hidroperoksida menjadi produk akhir yang stabil. Tipe antioksidan ini pada umumnya digunakan untuk menstabilkan poliolefin resin. Contohnya: asam tiodipropionat dan dilauriltiopropionat.
- d. *Antioxidative Enzyme*, yaitu enzim yang berperan mencegah terbentuknya radikal bebas. Contohnya glukose oksidase, superoksidase dismutase (SOD), glutation peroksidase, dan katalase.
- e. *Chelators sequestrants*, yaitu senyawa-senyawa yang mampu mengikat logam seperti besi dan tembaga yang mampu mengkatalis reaksi oksidasi lemak. Senyawa yang termasuk didalamnya adalah asam sitrat, asam amino, ethylenediaminetetra acetid acid (EDTA), dan fosfolipid (Maulida, 2010).

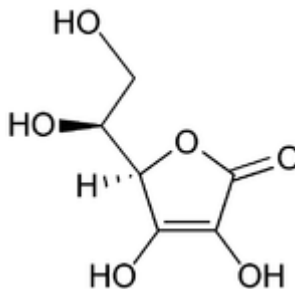


2.8.1 Antioksidan Alami

Antioksidan alami umumnya mempunyai gugus hidroksi dalam struktur molekulnya (Kuncahyo, 2007). Kebanyakan sumber antioksidan alami adalah tumbuhan dan umumnya merupakan senyawa fenolik yang tersebar di seluruh bagian tumbuhan baik di kayu, biji, daun, buah, akar, bunga maupun serbuk sari (Zuhra, 2008). Berikut ini adalah jenis-jenis antioksidan alami :

a. Vitamin C

Vitamin C atau asam askorbat mempunyai berat molekul 176,13 dengan rumus molekul $C_6H_8O_6$. Asam askorbat mengandung tidak kurang dari 99,0% $C_6H_8O_6$. Pemerian vitamin C adalah hablur atau serbuk putih atau agak kuning. Oleh pengaruh cahaya lambat laun menjadi berwarna gelap. Dalam keadaan kering stabil di udara, dalam larutan cepat teroksidasi. Melebur pada suhu lebih kurang $190^{\circ}C$. Vitamin C mudah larut dalam air, agak sukar larut dalam etanol, praktis tidak larut dalam kloroform, dalam eter dan dalam benzen (Depkes RI, 1995). Rumus bangun vitamin C dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2,13. Rumus Bangun Vitamin C
(Winarno, 1991)

Vitamin C merupakan antioksidan kuat dan pengikat radikal bebas. Vitamin C juga dapat mencegah kerusakan biomolekul seperti DNA, lipid, dan protein, akibat



oksidasi radikal bebas anion superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil. Vitamin C antara lain terdapat pada buah-buahan seperti jeruk, apel, sirsak, lemon, stroberi, melon serta sayuran seperti tomat, sayuran berdaun hijau, brokoli, kembang kol (Kosasih, 2004).

b. Vitamin E

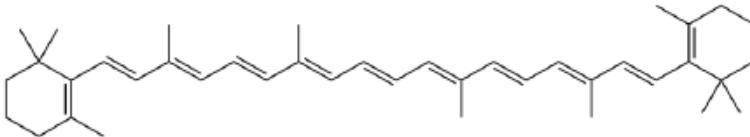
Vitamin E merupakan sebuah senyawa fenolik dan sebagaimana umumnya senyawa fenolik dapat menangkap radikal bebas. Vitamin E merupakan antioksidan larut lemak yang utama dan terdapat dalam membran seluler dimana vitamin ini mereduksi radikal bebas lipid lebih cepat dari pada oksigen. Vitamin E dengan nama kimia tokoferol dikenal sebagai antiosidan. Vitamin E mempunyai sifat antioksidan yang larut dalam lemak. Salah satu keunggulan antioksidan yang larut lemak adalah dapat melindungi kolesterol LDL agar tidak mudah teroksidasi. Kolesterol LDL yang tidak terlindungi akan mudah termutasi oleh proses oksidasi. Sekali terjadi oksidasi, partikel kolesterol LDL akan berubah bentuk menjadi kerak lemak dan berpotensi menyebabkan penyumbatan pembuluh darah. Selain itu, vitamin E juga dapat melindungi vitamin-vitamin lain yang masuk kedalam tubuh. Bila sepanjang saluran pencernaan tubuh kita terdapat vitamin E, hal ini dapat mencegah oksidasi vitamin B kompleks dan vitamin C (Astawan, 2008).

c. Betakaroten

Betakaroten merupakan salah satu provitamin A yang berperan sebagai antioksidan. Adapun aktivitas vitamin A betakaroten adalah $1\frac{1}{2}$ retinol, sedangkan aktivitas vitamin A alfa karoten dan alfa-kriptosantin masing-masing adalah $\frac{1}{24}$ retinol. Fungsi betakaroten adalah sebagai prekursor vitamin A yang secara enzimatik berubah menjadi retinol. Senyawa ini bekerja sebagai antioksidan dengan cara memperlambat fase inisiasi.



Pemberian vitamin A dalam dosis tinggi dapat bersifat toksis. Akan tetapi, betakaroten dalam jumlah banyak mampu memenuhi kebutuhan vitamin A dan selebihnya tetap sebagai betakaroten yang berfungsi sebagai antioksidan (Silalahi, 2006). Rumus bangun betakaroten dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Rumus Bangun Betakaroten
(Almatsier, 2001).

Beta-karoten mempunyai kemampuan sebagai antioksidan yang dapat berperan penting dalam menstabilkan radikal berinti karbon, sehingga mengurangi resiko terjadinya kanker. Salah satu keunikan sifat antioksidan beta-karoten adalah efektif pada konsentrasi rendah oksigen, sehingga dapat melengkapi sifat antioksidan vitamin E yang efektif pada konsentrasi tinggi oksigen (Astawan, 2008).

d. Karotenoid

Karotenoid dapat meredam radikal bebas, karena karotenoid merupakan kelompok pigmen dan antioksidan alami yang, yang menyebabkan warna kuning orange dan merah pada tanaman (Stahl dan Sies, 2003). Pigmen ini ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi seperti pada alga, jamur, dan bakteri, pada jaringan non fotosintesis dan fotosintesis bersama dengan klorofil (Stahl dan Sies, 2003). Sintesis karotenoid hanya dapat terjadi pada tumbuhan (Stahl dan Sies, 2003). Karotenoid ini dapat diklasifikasikan kedalam dua kelompok yaitu karoten dan xantofil. Karoten merupakan karotenoid hidrokarbon contohnya β -karoten dan likopen, sedangkan xantofil merupakan turunan teroksidasinya, yang umumnya



berupa hidroksi, epoksi, metoksi, aldehid, dan ester. Contoh xantofil ini adalah lutein, dan zeaxantin. (Gross, 1991). Karotenoid tersusun atas likopen, β -karoten, lutein, zeaxanthin, dan cryptoxanthin. Struktur karotenoid mempengaruhi bioaktivitas yang dimilikinya, seperti faktor ikatan rangkap, rantai terbuka, dan jumlah substituen oksigen akan meningkatkan aktivitas antioksidan karotenoid (Winarsi, 2007).

e. Flavonoid

Salah satu antioksidan alami yang berperan sebagai antioksidan adalah flavonoid. Senyawa ini berperan sebagai penangkap radikal bebas karena mengandung gugus hidroksil. Karena bersifat sebagai reduktor, flavonoid dapat bertindak sebagai donor hidrogen terhadap radikal bebas (Silalahi, 2006). Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang terdapat pada teh, buah-buahan, sayuran, anggur, bir dan kecap (Kuncahyo, 2007).

2.8.2 Antioksidan Sintetis

Beberapa antioksidan sintetis yang lebih populer digunakan adalah senyawa fenolik seperti *butylated hydroxyanisol* (BHA), hidroksi-toluena terbutilasi (BHT), *butylhydroquinone* tersier (TBHQ), dan ester dari asam galat, misalnya gallate propil (PG). Antioksidan fenolik sintetis selalu diganti oleh alkil untuk meningkatkan kelarutannya dalam lemak dan minyak (Gordon *et al*, 2001). Antioksidan sintetis utama yang digunakan mempunyai batas penggunaan yaitu 0,02 % dari kandungan lemak atau minyak. Berikut ini adalah jenis-jenis antioksidan sintetis :

a. Butil Hidroksi Anisol (BHA)

BHA memiliki kemampuan antioksidan yang baik pada lemak hewan dalam sistem makanan panggang, namun relatif tidak efektif pada minyak tanaman. BHA bersifat larut lemak dan tidak larut air, berbentuk padat putih dan



dijual dalam bentuk tablet atau serpih, bersifat volatil sehingga berguna untuk penambahan ke materi pengemas.

b. Butil Hidroksi Toluen (BHT)

Antioksidan sintetik BHT memiliki sifat serupa BHA, akan memberi efek sinergis bila dimanfaatkan bersama BHA, berbentuk kristal padat putih dan digunakan secara luas karena relatif murah. Untuk meningkatkan ketahanan minyak sawit RBD terhadap oksidasi, diperlukan tambahan antioksidan dari luar sebagai pengganti antioksidan alami yang hilang akibat proses. Salah satu antioksidan sintetik yang sering digunakan adalah butil hidroksi toluena (BHT). Senyawa ini tidak beracun (Ketaren, 1986) tapi menunjukkan aktifitas sebagai antioksidan dengan cara mendeaktivasi senyawa radikal.

c. Propil Galat

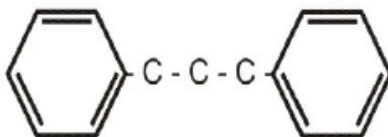
Propil galat mempunyai karakteristik sensitif terhadap panas, terdekomposisi pada titik cairnya 148°C , dapat membentuk kompleks warna dengan ion metal, sehingga kemampuan antioksidannya rendah. Propil galat memiliki sifat berbentuk kristal padat putih, sedikit tidak larut lemak tetapi larut air, serta memberi efek sinergis dengan BHA dan BHT.

d. Terta-Butil Hidoksi Quinon (TBHQ)

TBHQ dikenal sebagai antioksidan paling efektif untuk lemak dan minyak, khususnya minyak tanaman. TBHQ memiliki kemampuan antioksidan yang baik pada penggorengan tetapi rendah pada pembakaran. TBHQ dikenal berbentuk bubuk putih sampai coklat terang, mempunyai kelarutan cukup pada lemak dan minyak, tidak membentuk kompleks warna dengan Fe dan Cu tetapi dapat berubah pink dengan adanya basa.

2.9 Flavonoid

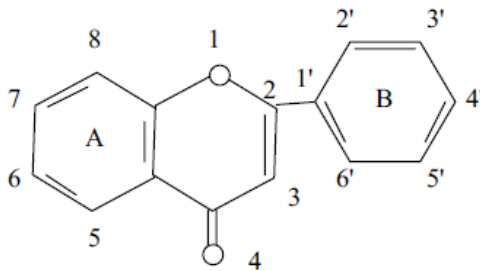
Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling banyak ditemukan di dalam jaringan tanaman (Rajalakshmi, 1985). Flavonoid mempunyai kerangka dasar 15 atom karbon yang terdiri dari dua cincin benzen (C_6) terikat pada suatu rantai propana (C_3) sehingga membentuk suatu susunan $C_6-C_3-C_6$ (Lenny, 2006). Kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C_6 (cincin benzen tersubstitusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga-karbon. Kerangka flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Kerangka Flavonoid (Markham, 1988)

Pengelompokan flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksilnya. Pada tumbuhan tingkat tinggi flavonoid terdapat baik dalam bagian vegetatif maupun dalam bunga (Robinson, 1995).

Kelas-kelas yang berlainan dalam golongan ini dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan. Flavonoid sering terdapat sebagai glikosida. Golongan terbesar flavonoid berciri mempunyai cincin piran yang menghubungkan rantai tiga karbon dengan salah satu dari cincin benzena. Sistem penomoran flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Penomoran Flavonoid

Flavonoid merupakan kandungan khas tumbuhan hijau dengan mengecualikan alga. Senyawa ini berperan sebagai penangkap radikal bebas karena mengandung gugus hidroksil. Karena bersifat sebagai reduktor, flavonoid dapat bertindak sebagai donor hidrogen terhadap radikal bebas (Silalahi, 2006). Flavonoid terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kayu, kulit, tepung sari, nektar, bunga, buah, dan biji. Penyebaran jenis flavonoid pada golongan tumbuhan yang terbesar, yaitu angiospermae (Markham, 1988). Segi penting dari penyebaran flavonoid dalam tumbuhan ialah adanya kecenderungan kuat bahwa tumbuhan yang secara taksonomi berkaitan akan menghasilkan flavonoid yang jenisnya serupa. Jadi, informasi yang berguna tentang jenis flavonoid mungkin ditemukan pada tumbuhan yang sedang ditelaah, seringkali dapat diperoleh dengan melihat pustaka mengenai telaah flavonoid terdahulu dalam tumbuhan yang berkaitan, misalnya dari marga atau suku yang sama (Markham, 1988).

Aglikon flavonoid adalah polifenol dan karena itu mempunyai sifat kimia senyawa fenol, yaitu bersifat agak asam sehingga dapat larut dalam basa. Karena mempunyai sejumlah gugus hidroksil yang tidak tersulih, atau suatu gula, flavonoid merupakan senyawa polar, maka umumnya flavonoid larut dalam pelarut polar seperti etanol (EtOH), metanol (MeOH), butanol (BuOH), aseton, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilformamida (DMF), air, dan lain-lain. Sebaliknya, aglikon yang kurang polar

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



seperti isoflavan, flavanon, dan flavon serta flavonol yang termetoksilasi cenderung lebih mudah larut dalam pelarut seperti eter dan kloroform (Markham, 1988).

Flavonoid memberikan kontribusi pada aktivitas antioksidannya secara *in vitro* dengan cara flavonoid mengikat (kelasi) ion-ion metal seperti Fe dan Cu. Ion-ion metal seperti Cu dan Fe ini, dapat mengkatalisis reaksi yang akhirnya memproduksi radikal bebas (Miranda *et al.*, 1998). Flavonoid merupakan pembersih radikal bebas yang efektif secara *in vitro*. Walaupun, mengonsumsi flavonoid dalam jumlah tinggi, konsentrasi flavonoid dalam plasma dan intraseluler manusia hanya sekitar 100 – 1000 kali lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi antioksidan lain seperti asam askorbat (vitamin C). Sebagian besar Fe dan Cu terikat dengan protein pada organisme hidup, mengakibatkan membatasinya untuk ikut dalam reaksi pembentukan radikal bebas. Walaupun flavonoid mempunyai kemampuan untuk mengikat ion-ion metal, akan tetapi tidak diketahui senyawa flavonoid ini dapat berfungsi sebagai pengikat ion metal pada kondisi normal. (Frei dan Higdon, 2003).

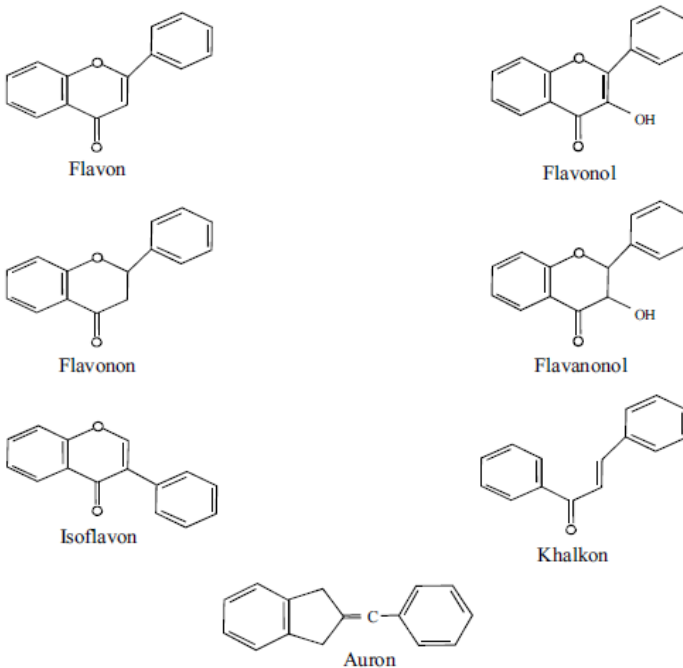
2.9.1 Penggolongan Flavonoid

Penggolongan jenis flavonoid dalam jaringan tumbuhan mula-mula didasarkan kepada telaah sifat kelarutan dan reaksi warna. Kemudian diikuti dengan pemeriksaan ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis, secara kromatografi satu arah, dan pemeriksaan ekstrak etanol secara dua arah. Akhirnya, flavonoid dapat dipisahkan dengan cara kromatografi. Komponen masing-masing diidentifikasi dengan membandingkan kromatografi dan spektrum, dengan memakai senyawa pembanding yang sudah dikenal. Senyawa baru yang sudah ditemukan sewaktu menelaah memerlukan pemeriksaan kimia dan spektrum yang lebih terinci (Harborne, 1996).

Struktur berbagai tipe atau golongan flavonoid bervariasi sesuai dengan kerangka dasar heterosiklik beroksigen yang dapat berupa gama piron, piran atau pirilium. Kecuali pada auron dan



khalkon, siklisasi terjadi antara atom karbon didekat cincin benzen (B) dan satu gugus hidroksil cincin A. Kelas-kelas yang berlainan di flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik oksigen dan juga hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan (Robinson, 1991). Perbedaan di bagian rantai karbon nomor 3 menentukan klasifikasi dari senyawa flavonoid yaitu flavon, flavonol, flavanon, flavanonol, isoflavon, auron dan khalkon. Kerangka dari tipe-tipe flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Kerangka dan Tipe-Tipe Flavonoid (Markham, 1988)



2.10 Simplisia

Simplisia adalah bahan alami yang digunakan untuk obat dan belum mengalami perubahan proses apapun, dan kecuali dinyatakan lain, umumnya berupa bahan yang telah dikeringkan (Depkes RI, 2000). Simplisia tumbuhan obat merupakan bahan baku proses pembuatan ekstrak, baik sebagai obat atau produk. Berdasarkan hal tersebut, maka simplisia dibagi menjadi tiga golongan, yaitu simplisia nabati, simplisia hewani, dan simplisia mineral (Gunawan, 2004).

1. Simplisia Nabati

Simplisia nabati adalah simplisia berupa tanaman utuh, bagian tanaman dan eksudat tanaman. Eksudat tanaman adalah isi sel yang secara spontan keluar dari tanaman atau isi sel dikeluarkan dari selnya dengan cara tertentu atau zat yang dipisahkan dari tanaman dengan cara tertentu yang belum berupa zat kimia murni. Berikut ini adalah bagian-bagian dari tumbuhan yang digunakan sebagai simplisia nabati.

- a. Kulit (*cortex*)
Kortek adalah kulit bagian terluar dari tanaman tingkat tinggi yang berkayu.
- b. Kayu (*lignum*)
Simplisia kayu merupakan pemanfaatan bagian dari batang atau cabang.
- c. Daun (*folium*)
Folium merupakan jenis simplisia yang paling umum digunakan sebagai bahan baku ramuan obat tradisional maupun minyak atsiri.
- d. Herba
Simplisia herba pada umumnya berupa produk tanaman obat dari jenis herba yang bersifat *herbaceous*.
- e. Bunga (*flos*)
Bunga sebagai simplisia dapat berupa bunga tunggal atau majemuk, bagian bunga majemuk serta komponen penyusun bunga.



- f. Akar (*radix*)
Akar tanaman yang sering dimanfaatkan untuk bahan obat dapat berasal dari jenis tanaman yang umumnya berbatang lunak dan memiliki kandungan air yang tinggi.
 - g. Umbi (*bulbus*)
Bulbus atau bulbi adalah produk berupa potongan rajangan umbi lapis, umbi akar, atau umbi batang. Bentuk ukuran umbi bermacam-macam tergantung dari jenis tanamannya.
 - h. Rimpang (*rhizoma*)
Rhizoma atau rimpang adalah produk tanaman obat berupa potongan-potongan atau irisan rimpang.
 - i. Buah (*fructus*)
Simplisia buah ada yang lunak dan ada pula yang keras. Buah yang lunak akan menghasilkan simplisia dengan bentuk dan warna yang sangat berbeda, khususnya bila buah masih dalam keadaan segar.
 - j. Kulit buah (*perikarpium*)
Sama halnya dengan simplisia buah, simplisia kulit buah pun ada yang lunak, keras bahkan adapula yang ulet dengan bentuk bervariasi.
 - k. Biji (*semen*)
Semen (biji-bijian) diambil dari buah yang telah masak sehingga umumnya sangat keras. Bentuk dan ukuran simplisia biji pun bermacam-macam tergantung dari jenis tanaman (Widyastuti, 2004).
2. Simplisia Hewani
Simplisia hewani adalah simplisia hewan utuh, bagian hewan, atau belum berupa zat kimia murni.
3. Simplisia Mineral
Simplisia mineral adalah simplisia yang berasal dari bumi, baik telah diolah atau belum, tidak berupa zat kimia murni.



2.10.1 Pengolahan Simplisia

Proses awal pembuatan ekstrak adalah tahapan pembuatan serbuk simplisia kering (penyerbukan). Dari simplisia dibuat serbuk simplisia dengan perekatan tertentu sampai derajat kehalusan tertentu. Proses ini dapat mempengaruhi mutu ekstrak dengan dasar beberapa hal, yaitu semakin serbuk simplisia, proses ekstraksi semakin efektif dan efisien. Namun, semakin halus serbuk maka semakin rumit secara teknologi peralatan untuk tahap filtrasi. Selama penggunaan peralatan penyerbukan dimana ada gerakan dan interaksi dengan benda keras (logam, dan lain-lain), maka akan timbul panas (kalori) yang dapat berpengaruh pada senyawa kandungan (Depkes RI, 1985). Untuk menghasilkan simplisia yang bermutu dan terhindar dari cemaran dalam mengelola simplisia sebagai bahan baku pada umumnya melakukan tahapan sebagai berikut :

1. Sortasi Basah
Sortasi basah dilakukan untuk memisahkan kotoran atau bahan-bahan asing lainnya dari bahan simplisia. Misalnya, simplisia yang dibuat dari akar suatu tanaman, bahan-bahan asing seperti tanah, kerikil, rumput, batang daun, akar yang telah rusak, serta pengotoran lainnya harus dibuang. Tanah yang mengandung bermacam-macam mikroba dalam jumlah yang tinggi. Oleh karena itu, pembersihan simplisia dari tanah yang melekat dapat mengurangi jumlah mikroba awal.
2. Pencucian
Pencucian dilakukan untuk menghilangkan tanah dan pengotor lainnya yang melekat pada bahan simplisia. Pencucian dilakukan dengan air bersih. Bahan simplisia yang mengandung zat yang mudah larut dalam air mengalir, pencucian hendaknya dilakukan dalam waktu sesingkat mungkin.
3. Perajangan
Beberapa jenis bahan simplisia perlu mengalami perajangan bahan simplisia dilakukan untuk memperoleh



proses pengeringan, pengepakan, dan penggilingan. Semakin tipis bahan yang akan dikeringkan, maka semakin cepat penguapan air, sehingga mempercepat waktu pengeringan. Akan tetapi, irisan yang terlalu tipis juga dapat menyebabkan berkurangnya atau hilangnya zat berkhasiat yang mudah menguap, sehingga mempengaruhi komposisi, bau, dan rasa yang diinginkan.

4. Pengeringan

Tujuannya yaitu untuk mendapatkan simplisia yang tidak mudah rusak, sehingga dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama. Dengan mengurangi kadar air dan menghentikan reaksi enzimatik akan dicegah penurunan mutu atau kerusakan simplisia. Air yang masih tersisa dalam simplisia pada kadar tertentu dapat menjadi media pertumbuhan kapang dan mikroorganisme lainnya. Proses pengeringan sudah dapat menghentikan proses enzimatik dalam sel bila kadar airnya dapat mencapai kurang dari 10%. Hal-hal yang perlu diperhatikan selama proses pengeringan adalah temperatur pengeringan, kelembaban udara, aliran udara, waktu pengeringan, dan luas permukaan bahan.

Temperatur terbaik pada pengeringan adalah tidak melebihi 60°C, tetapi bahan aktif yang tidak tahan pemanasan atau mudah menguap harus dikeringkan pada temperatur serendah mungkin, misalnya 30°C sampai 45°C. Terdapat dua cara pengeringan, yaitu pengeringan alamiah (dengan sinar matahari langsung atau dengan diangin-anginkan) dan pengeringan buatan (menggunakan instrumen).

5. Sortasi Kering

Sortasi setelah pengeringan sebenarnya merupakan tahap akhir pembuatan simplisia. Tujuan sortasi adalah untuk memisahkan benda-benda asing, seperti bagian-bagian tanaman yang tidak diinginkan dan pengotoran-pengotoran lainnya yang masih ada dan tertinggal pada



simplisia kering. Pada simplisia bentuk rimpang, jumlah akar yang melekat pada rimpang terlalu banyak dan harus dibuang. Demikian juga adanya partikel-partikel pasir, besi, dan benda-benda tanah lain yang tertinggal harus dibuang sebelum simplisia disimpan.

6. Penyimpanan

Setelah tahap pengeringan dan sortasi kering selesai, maka simplisia perlu ditempatkan dalam suatu wadah tersendiri agar tidak saling bercampur antara simplisia satu dengan lainnya. Selanjutnya, wadah-wadah yang berisi simplisia disimpan dalam rak pada gudang penyimpanan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pengepakan dan penyimpanan simplisia adalah cahaya, oksigen, atau sirkulasi udara, reaksi kimia yang terjadi antara kandungan aktif tanaman dengan wadah, penyerapan air, kemungkinan terjadi proses dehidrasi, pengotoran atau pencemaran, baik yang diakibatkan oleh serangga, kapang, atau lainnya.

Untuk persyaratan wadah yang akan digunakan sebagai penyimpanan simplisia adalah harus inert, artinya tidak mudah bereaksi dengan bahan lain, tidak beracun, mampu melindungi bahan simplisia dari cemaran mikroba, kotoran, serangga, penguapan kandungan aktif, pengaruh cahaya, oksigen, dan uap air

(Depkes RI, 2000)

2.11 Pelarut, Faktor, dan Jenis-Jenisnya

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung karbon) yang juga disebut pelarut organik. Pelarut organik berdasarkan konstanta dielektrik dapat dibedakan menjadi dua yaitu pelarut polar dan pelarut non-polar. Konstanta dielektrik dinyatakan sebagai gaya tolak menolak antara dua partikel yang bermuatan listrik dalam suatu molekul. Semakin tinggi konstanta



dielektrikunya maka pelarut bersifat semakin polar (Sudarmadji dkk., 1989). Konstanta dielektrikum dari beberapa pelarut yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Konstanta Dielektrikum Pelarut Organik
(Sudarmadji, 1989)

Pelarut	Konstanta Dielektrik
n-heksan	2,0
Etil Asetat	6,0
Kloroform	4,8
Asam Asetat	6,2
Benzen	2,3
Etanol	24,3
Metanol	33,1
Aseton	21
Air	80,4

Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didapatkan. Menurut Guenther, 1987, pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

1. Selektivitas
Pelarut dapat melarutkan semua zat yang akan diekstrak dengan cepat dan sempurna.
2. Titik didih pelarut
Pelarut harus mempunyai titik didih yang cukup rendah sehingga pelarut mudah diuapkan tanpa menggunakan temperatur tinggi pada proses pemurnian dan jika diuapkan tidak tertinggal dalam minyak.
3. Pelarut tidak larut dalam air
4. Pelarut bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lain.
5. Harga pelarut semurah mungkin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



6. Pelarut mudah terbakar.

Pelarut-pelarut yang umum digunakan dalam proses ekstraksi bahan antara lain :

1. Etanol

Sering digunakan sebagai pelarut dalam laboratorium karena mempunyai kelarutan yang relatif tinggi dan bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Etanol memiliki titik didih yang rendah sehingga memudahkan pemisahan minyak dari pelarutnya dalam proses distilasi.

2. n-Heksana

Merupakan pelarut yang paling ringan dalam mengangkat senyawa yang terkandung dalam biji-bijian dan mudah menguap sehingga memudahkan untuk refluks. Pelarut ini memiliki titik didih antara $65^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{C}$.

3. Isopropanol

Merupakan jenis pelarut polar yang memiliki massa jenis 0,789 g/ml. Pelarut ini mirip dengan ethanol yang memiliki kelarutan yang relatif tinggi. Isopropanol memiliki titik didih $81^{\circ}\text{--}82^{\circ}\text{C}$.

4. Etil Asetat

Etil asetat merupakan jenis pelarut yang bersifat semi polar. Pelarut ini memiliki titik didih yang relatif rendah, yaitu 77°C sehingga memudahkan pemisahan minyak dari pelarutnya dalam proses destilasi.

5. Aseton

Aseton larut dalam berbagai perbandingan dengan air, etanol, dietil eter, dan lain-lain. Ia sendiri juga merupakan pelarut yang penting. Aseton digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya.

6. Metanol

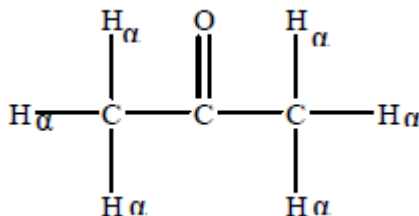
Pelarut metanol merupakan pelarut yang paling banyak digunakan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam.



2.11.1 Aseton

Aseton merupakan keton yang paling sederhana, digunakan sebagai pelarut polar dalam kebanyakan reaksi organik. Aseton dikenal juga sebagai dimetil keton, 2-propanon, atau propan-2-on. Aseton memiliki titik didih $56,53^{\circ}\text{C}$ dan densitas sebesar $0,79 \text{ g/cm}^3$. Senyawa pelarut ini memiliki rumus molekul CH_3COCH_3 . Aseton adalah senyawa berbentuk cairan yang tidak berwarna dan mudah terbakar, digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Selain dimanufaktur secara industri, aseton juga dapat ditemukan secara alami, termasuk pada tubuh manusia dalam kandungan kecil. Aseton memiliki gugus karbonil yang mempunyai ikatan rangkap dua karbon-oksigen terdiri atas satu ikatan σ dan satu ikatan π . Umumnya atom hidrogen yang terikat pada atom karbon sangat stabil dan sangat sukar diputuskan.

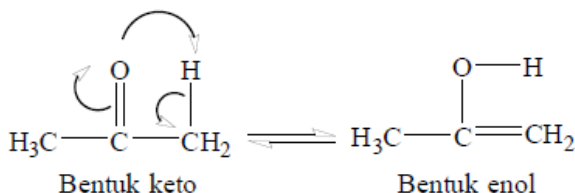
Namun lain halnya dengan atom hidrogen yang berada pada karbon (C) di samping gugus karbonil yang disebut atom hidrogen alfa. Sebagai akibat penarikan elektron oleh gugus karbonil, kerapatan elektron pada atom karbon alfa semakin berkurang, maka ikatan karbon dan hidrogen alfa semakin melemah, sehingga hidrogen alfa menjadi bersifat asam dan dapat mengakibatkan terjadinya substitusi alfa (α). Substitusi α melibatkan penggantian atom H pada atom karbon α dengan elektrofil (Wade, 2006). Atom hidrogen alfa pada aseton dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Atom Hidrogen Alfa pada Aseton
(Wade, 2006).

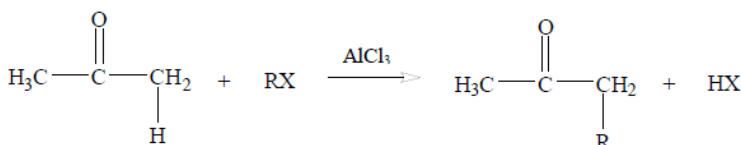


Aseton mempunyai atom hidrogen alfa bersifat asam, oleh karena itu dapat terionisasi menghasilkan ion enolat. Ion enolat dapat berada dalam dua bentuk yaitu bentuk keto dan bentuk enol yang disebut bentuk tautomerisasi. Tautomer adalah isomer-isomer pada senyawa karbonil yang hanya dibedakan oleh kedudukan ikatan rangkap dan yang disebabkan perpindahan letak atom hidrogen alfa ke atom oksigen. Bentuk keto dan bentuk enol pada aseton dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Bentuk Keto dan Bentuk Enol pada Aseton (Wade, 2006).

Hidrogen alfa pada senyawa aseton dapat disubstitusi oleh karbokation sehingga terjadi reaksi alkilasi. Reaksi alkilasi pada aseton terdapat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Alkilasi pada Aseton (Wade, 2006).

2.11.2 Akuades

Akuades sebagai pelarut karena akuades merupakan pelarut universal yang dapat melarutkan beberapa zat kimia seperti senyawa metabolit sekunder. Akuades merupakan air hasil penyulingan yang bebas dari zat-zat pengotor sehingga bersifat murni dalam laboratorium. Akuades berwarna bening, tidak



berbau, dan tidak memiliki rasa. Akuades biasa digunakan untuk membersihkan alat-alat laboratorium dari zat pengotor (Petrucci, 2008).

2.12 Ekstrak

Ekstrak adalah sediaan kental yang diperoleh dengan mengekstraksi zat aktif dari simplisia nabati atau simplisia hewani menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang terisi diperlakukan sedemikian sehingga memenuhi baku yang telah ditetapkan. Ekstrak dikelompokkan atas dasar sifatnya, yaitu :

- a. Ekstrak encer adalah sediaan yang memiliki konsistensi semacam madu dan dapat dituang.
- b. Ekstrak kental adalah sediaan yang dilihat dalam keadaan dingin dan tidak dapat dituang. Kandungan airnya berjumlah sampai 30%. Tingginya kandungan air menyebabkan ketidakstabilan sediaan karena kontaminasi bakteri.
- c. Ekstrak kering adalah sediaan yang memiliki konsistensi kering dan mudah dituang, sebaiknya memiliki kandungan lembab tidak lebih dari 5%.
- d. Ekstrak cair, ekstrak yang dibuat sedemikianya sehingga satu bagian simplisia sesuai dengan dua bagian ekstrak cair.

Sistem pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus dipilih berdasarkan kemampuannya dalam melarutkan jumlah yang maksimum dari zat aktif dan yang seminimum mungkin bagi unsur yang tidak diinginkan (Voight, 1995).

2.12.1 Proses Pembuatan Ekstrak

Proses pembuatan ekstrak melalui tahap-tahap sebagai berikut (Depkes RI, 2000) :

- a. Pembasahan
Pembasahan serbuk dilakukan pada penyarian, dimaksudkan untuk memberikan kesempatan sebesar-



besarnya kepada cairan penyari memasuki pori-pori dalam simplisia sehingga mempermudah penyarian.

b. Penyari/Pelarut

Cairan penyari yang digunakan dalam proses pembuatan ekstrak adalah penyari yang baik untuk senyawa kandungan yang berkhasiat atau aktif. Penyari tersebut dapat dipisahkan dari bahan dan dari senyawa kandungan lainnya. Faktor utama yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan cairan penyari adalah selektivitas, ekonomis, kemudahan bekerja, ramah lingkungan, dan aman.

Dalam hal keamanan untuk manusia, cairan pelarut harus memenuhi syarat kefarmasian atau dalam perdagangan dikenal dengan kelompok spesifikasi *Pharmaceutical grade*.

c. Pemisahan dan Pemurnian

Tujuannya adalah untuk menghilangkan (memisahkan) senyawa yang tidak dikehendaki semaksimal mungkin tanpa pengaruh pada senyawa kandungan yang dikehendaki, sehingga diperoleh ekstrak yang lebih murni. Proses-proses pada tahap ini adalah pengendapan, pemisahan dua cairan tidak bercampur, sentrifugasi, dekantasi, filtrasi, serta proses absorpsi dan penukaran ion.

d. Pemekatan/Penguapan

Pemekatan berarti peningkatan jumlah partikel solute (senyawa terlarut) dengan cara penguapan pelarut tanpa sampai menjadi kering tetapi ekstrak menjadi kental atau pekat.

2.12.2 Proses Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu cara penarikan kandungan kimia dari simplisia dengan cara dan pelarut yang cocok agar kandungan kimia yang dapat larut terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair (Kresnanugraha, 2012). Proses ekstraksi senyawa kimia yang terkandung dalam tanaman dapat



dipengaruhi berbagai aspek, baik dari teknis penyarian maupun faktor tanaman itu sendiri. Sistem penyarian dan polaritas pelarut sangat menentukan perpindahan senyawa kimia tanaman dari dalam sel ke dalam cairan pelarut. Polaritas cairan pelarut yang digunakan bergantung dari sifat kimia senyawa aktif yang akan diekstraksi dan kemampuan menembus membran sel. Metode serta pelarut yang digunakan untuk memperoleh ekstrak menjadi faktor penting dalam optimasi proses ekstraksi komponen bioaktif dari alam (Ichwan, 2014).

2.12.3 Metode-Metode Ekstraksi

Berikut ini adalah jenis metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut :

A. Cara dingin

Ekstraksi cara dingin memiliki keuntungan dalam proses ekstraksi total, yaitu memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan pada senyawa termolabil yang terdapat pada sampel. Sebagian besar senyawa dapat terekstraksi dengan ekstraksi cara dingin, walaupun ada beberapa senyawa yang memiliki keterbatasan kelarutan terhadap pelarut pada suhu ruangan.

Terdapat sejumlah metode ekstraksi, yang paling sederhana adalah ekstraksi cara dingin (dalam labu besar berisi biomasa yang diagitasi menggunakan stirrer), dengan cara ini bahan kering hasil gilingan diekstraksi pada suhu kamar secara berturut-turut dengan pelarut yang kepolarannya makin tinggi. Keuntungan cara ini merupakan metode ekstraksi yang mudah karena ekstrak tidak dipanaskan sehingga kemungkinan kecil bahan alam menjadi terurai.

Penggunaan pelarut dengan peningkatan kepolaran bahan alam secara berurutan memungkinkan pemisahan bahan-bahan alam berdasarkan kelarutannya (dan polaritasnya) dalam pelarut ekstraksi. Hal ini sangat mempermudah proses isolasi. Ekstraksi dingin memungkinkan senyawa terekstraksi, meskipun beberapa senyawa memiliki pelarut ekstraksi pada suhu kamar (Heinrich *et al.*, 2004).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Berikut ini adalah jenis-jenis metode ekstraksi dengan cara dingin :

1. Maserasi

Maserasi adalah proses pengekstrakan simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperature ruangan (kamar). Maserasi bertujuan untuk menarik zat-zat berkhasiat yang tahan pemanasan maupun yang tidak tahan pemanasan. Secara teknologi maserasi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada keseimbangan. Maserasi dilakukan dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan atau kamar (Depkes RI, 2000). Maserasi berasal dari bahasa latin *Macerace* berarti mengairi dan melunakkan. Maserasi merupakan cara ekstraksi yang paling sederhana. Dasar dari maserasi adalah melarutnya bahan kandungan simplisia dari sel yang rusak, yang terbentuk pada saat penghalusan, ekstraksi (difusi) bahan kandungan dari sel yang masih utuh. Setelah selesai waktu maserasi, artinya keseimbangan antara bahan yang diekstraksi pada bagian dalam sel dengan masuk ke dalam cairan telah tercapai, maka proses difusi segera berakhir. Selama maserasi atau proses perendaman dilakukan pengocokan berulang-ulang. Upaya ini menjamin keseimbangan konsentrasi bahan ekstraksi yang lebih cepat di dalam cairan. Sedangkan keadaan diam selama maserasi menyebabkan turunnya perpindahan bahan aktif. Secara teoritis pada suatu maserasi tidak memungkinkan terjadinya ekstraksi absolut. Semakin besar perbandingan simplisia terhadap cairan pengekstraksi, akan semakin banyak hasil yang diperoleh (Voigh, 1994).

Kerugian adalah pengerjaannya lama dan penyarian kurang sempurna. Secara teknologi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada



keseimbangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama, dan seterusnya (Depkes RI, 2000).

2. Perkolasi

Perkolasi adalah ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru dan sempurna dengan temperatur ruangan. Prinsip perkolasi adalah dengan menempatkan serbuk simplisia pada suatu bejana silinder, yang bagian bawahnya diberi sekat berpori. Proses terdiri dari tahap pengembangan bahan, tahap maserasi, tahap perkolasi sebenarnya, terus menerus sampai diperoleh ekstrak perkolat yang jumlahnya 1-5 kali bahan.

B. Cara Panas

Pada metode ini melibatkan pemanasan selama proses ekstraksi berlangsung. Adanya panas secara otomatis akan mempercepat proses ekstraksi dibandingkan dengan cara dingin. Beberapa jenis metode ekstraksi cara panas, yaitu :

1. Refluks

Refluks adalah ekstraksi dengan pelarut pada temperature titik didihnya, selama waktu dan jumlah pelarut tertentu yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik (Depkes RI, 2000).

Pada umumnya dilakukan tiga sampai lima kali pengulangan proses pada rafinat pertama. Kelebihan metode refluks adalah padatan yang memiliki tekstur kasar dan tahan terhadap pemanasan langsung dapat diekstrak dengan metode ini. Kelemahan metode ini adalah membutuhkan jumlah pelarut yang banyak (Irawan, 2010).

2. Soxhletasi

Ekstraksi menggunakan Soxhlet dengan pelarut cair merupakan salah satu metode yang paling baik digunakan dalam memisahkan senyawa bioaktif dari alam. Alat soxhlet adalah suatu sistem penyarian berulang dengan



pelarut yang sama yang menggunakan proses sirkulasi perubahan uap-cair dari pelarut dengan pemanasan. Ekstraksi dengan alat soxhlet merupakan ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru, umumnya dilakukan menggunakan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi konstan dengan adanya pendingin balik (kondensor). Cara ini memiliki beberapa kelebihan dibanding yang lain, yaitu sampel kontak dengan pelarut yang murni secara berulang, kemampuan mengekstraksi sampel lebih tanpa tergantung jumlah pelarut yang banyak (Maretniatin, 2008). Kelemahan dari metode ini adalah dapat menyebabkan rusaknya *solute* atau komponen lainnya yang tidak tahan panas karena pemanasan ekstrak yang dilakukan secara terus menerus (Tiwari *et al.*, 2011).

3. Infus

Infus adalah ekstraksi dengan pelarut air pada temperatur penangas air (bejana infus tercelup dalam penangas air mendidih, temperatur terukur 96°-98°C selama waktu tertentu (15-20 menit).

4. *Microwave Assisted Extraction*

Microwave Assisted Extraction merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi *microwave*. Teknik ini dapat diterapkan baik pada fasa cair yakni cairan yang digunakan sebagai pelarut maupun fasa gas yakni gas sebagai media pengekstrak. Proses ekstraksi fasa cair didasarkan pada prinsip perbedaan kemampuan menyerap energi *microwave* pada masing-masing senyawa yang terkandung di dalam bahan tanaman. Parameter yang biasa digunakan untuk mengukur sifat fisik ini disebut sebagai konstanta dielektrik. Teknik MAE juga tergantung pada konstanta dielektrik dari pelarut yang digunakan. Proses pemanasan MAE terjadi dengan target yang spesifik dan cara yang spesifik, sehingga tidak ada panas yang hilang ke lingkungan, karena proses



pemanasan berlangsung dalam sistem yang tertutup. Prinsip pemanasan menggunakan gelombang mikro adalah berdasarkan tumbukan langsung dengan material polar atau solvent dan diatur oleh dua fenomena yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol. Dalam sebagian besar kasus, kedua fenomena tersebut berjalan secara simultan. Konduksi ionik mengacu pada migrasi elektrophoretik ion dalam pengaruh perubahan medan listrik. Resistansi yang ditimbulkan oleh larutan terhadap proses migrasi ion menghasilkan friksi yang akan memanaskan larutan. Rotasi dipol merupakan pengaturan kembali dipol-dipol molekul akibat medan listrik yang terus berubah dengan cepat. Proses pemanasan hanya akan terpengaruh pada frekuensi 2450 MHz. Komponen elektrik gelombang berubah 4-9.104 kali perdetik (Kurniasari, 2008).

5. Destilasi Uap

Destilasi uap adalah ekstraksi senyawa kandungan menguap (minyak atsiri) dari bahan segar atau simplisia dengan uap air berdasarkan peristiwa tekanan parsial senyawa kandungan menguap dengan fase uap air dari ketel secara kontinu sampai sempurna diakhiri dengan kondensasi fase uap campuran (senyawa kandungan menguap ikut terdestilasi) menjadi destilat air bersama senyawa kandungan yang memisah sempurna atau memisah sebagian.

Destilasi uap bahan simplisia benar-benar tidak tercelup ke air yang mendidih, namun dilewati uap air sehingga senyawa kandungan menguap ikut terdestilasi. Destilasi uap dan air, bahan (simplisia) bercampur sempurna atau sebagian dengan air mendidih, senyawa kandungan menguap tetap kontinu ikut terdestilasi (Depkes RI, 2000).



C. Cara Ekstraksi Lainnya

1. Ekstraksi Berkesinambungan

Proses ekstraksi yang dilakukan berulang kali dengan pelarut yang berbeda atau resirkulasi cairan pelarut dan prosesnya tersusun berurutan beberapa kali. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi (jumlah pelarut) dan dirancang untuk bahan dalam jumlah besar yang terbagi dalam beberapa bejana ekstraksi.

2. Superkritikal Karbondioksida

Penggunaan prinsip superkritik untuk ekstraksi serbuk simplisia dan umumnya digunakan gas karbondioksida. Dengan variable tekanan dan temperature akan diperoleh spesifikasi kondisi polaritas tertentu yang sesuai untuk melarutkan golongan senyawa kandungan tertentu. Penghilangan cairan pelarut dengan mudah dilakukan karena karbondioksida menguap dengan mudah, sehingga hamper langsung diperoleh ekstrak.

3. Ekstraksi Ultrasonik

Getaran ultrasonik (> 20.000 Hz) memberikan efek pada proses ekstrak dengan prinsip meningkatkan permeabilitas dinding sel, menimbulkan gelembung spontan (*Cavitation*) sebagai stress dinamis serta menimbulkan fraksi interfase. Hasil ekstraksi tergantung pada frekuensi getaran, kapasitas alat dan lama proses ultrasonikasi.

4. Ekstraksi Energi Listrik

Energi listrik digunakan dalam bentuk medan listrik, medan magnet serta *Electric-discharges* yang dapat mempercepat proses dan meningkatkan hasil dengan prinsip menimbulkan gelembung spontan dan menyebarkan gelombang tekanan berkecepatan ultrasonik (Depkes RI, 2000).



2.12.4 Ekstraksi Soxhletasi

Metode ekstraksi soxhletasi adalah metode ekstraksi dengan prinsip pemanasan dan perendaman sampel. Hal itu menyebabkan terjadinya pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel. Dengan demikian, metabolit sekunder yang ada di dalam sitoplasma akan terlarut ke dalam pelarut organik. Larutan itu kemudian menguap ke atas dan melewati pendingin udara yang akan mengembunkan uap tersebut menjadi tetesan yang akan terkumpul kembali. Bila larutan melewati batas lubang pipa samping soxhlet maka akan terjadi sirkulasi. Sirkulasi yang berulang itulah yang menghasilkan ekstrak yang baik.

Soxhletasi merupakan suatu cara pengekstraksian tumbuhan dengan memakai alat soxhlet. Alat yang digunakan adalah labu didih, ekstraktor, dan kondensor. Sampel dalam soxletasi perlu dikeringkan sebelum diekstrak. Tujuan dilakukannya pengeringan adalah untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam sampel sedangkan dihaluskan adalah untuk mempermudah senyawa terlarut dalam pelarut. Biasanya pelarut yang digunakan adalah pelarut yang mudah menguap atau mempunyai titik didih yang rendah. Sokletasi digunakan pada pelarut organik tertentu. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan secara berurutan pelarut-pelarut organik dengan kepolaran yang semakin meningkat. Syarat-syarat pelarut yang digunakan dalam proses soxhletasi :

1. Pelarut yang mudah menguap
2. Titik didih pelarut yang rendah
3. Pelarut dapat melarutkan senyawa yang diinginkan
4. Pelarut tersebut akan terpisah dengan cepat setelah pengocokan
5. Sifat sesuai dengan senyawa yang akan diisolasi (polar atau nonpolar)

Dengan cara pemanasan, sehingga uap yang timbul setelah dingin secara kontinu akan membasahi sampel, secara teratur pelarut tersebut dimasukkan kembali ke dalam labu

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dengan membawa senyawa kimia yang akan diisolasi tersebut. Pelarut yang telah membawa senyawa kimia pada labu distilasi yang diuapkan sehingga pelarut tersebut dapat diangkat lagi bila suatu campuran organik berbentuk cair atau padat ditemui pada suatu zat padat, maka dapat diekstrak dengan menggunakan pelarut yang diinginkan.

Cara menghentikan soxhletasi adalah dengan menghentikan pemanasan yang sedang berlangsung. Sebagai catatan, sampel yang digunakan dalam soxhletasi harus dihindarkan dari sinar matahari langsung. Jika sampai terkena sinar matahari, senyawa dalam sampel akan berfotosintesis hingga terjadi penguraian atau dekomposisi. Hal ini akan menimbulkan senyawa baru yang disebut senyawa artefak, hingga dikatakan sampel tidak alami lagi. Alat soxhletasi tidak boleh lebih rendah dari pipa kapiler, karena ada kemungkinan saluran pipa dasar akan tersumbat. Juga tidak boleh terlalu tinggi dari pipa kapiler karena sampel tidak terendam seluruhnya.

Dibanding dengan cara terdahulu (destilasi), maka metode soxhletasi ini lebih efisien. Kelebihan metode ekstraksi bahan alam dengan alat soxhletasi (Pavia, 1995), yaitu :

1. Pelarut organik dapat menarik senyawa organik dalam bahan alam secara berulang kali.
2. Waktu yang digunakan lebih efisien.
3. Proses ekstraksi berjalan terus-menerus sesuai dengan keperluan tanpa menambah volume pelarut. Hal ini sangat menguntungkan karena selain ekonomis, akan diperoleh ekstrak yang lebih pekat. Dengan kata lain, pelarut yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan metode maserasi atau perkolasi.

Kekurangan metode ekstraksi soxhletasi, yaitu :

1. Larutan dipanaskan terus-menerus sehingga kurang sesuai untuk zat aktif yang tidak tahan panas. Hal ini dapat diperbaiki dengan menambah peralatan yang dapat mengurangi tekanan udara.



2. Cairan penyari dididihkan terus-menerus, sehingga cairan penyari harus murni atau campuran azeotrop.
(Depkes RI, 1985)

2.13 Parameter Ekstrak

Penentuan parameter ekstrak adalah aspek kandungan kimia kualitatif dan aspek kuantitatif kadar senyawa kimia yang bertanggungjawab langsung terhadap aktivitas tertentu. Parameter ekstrak dibagi menjadi dua, yaitu parameter spesifik dan non-spesifik. Parameter spesifik ekstrak meliputi (Depkes RI, 2000) :

1. Identitas (parameter identitas ekstrak) meliputi : deskripsi tata nama, nama ekstrak, nama lain tumbuhan, bagian tumbuhan yang digunakan, dan nama Indonesia tumbuhan.
2. Organoleptik : parameter organoleptik ekstrak meliputi penggunaan panca indera mendeskripsikan bentuk, warna, bau, rasa guna pengenalan awal yang sederhana serta seobjektif mungkin.

Sedangkan, untuk parameter non-spesifik ekstrak meliputi (Depkes RI, 2000) :

1. Penetapan kadar abu total, tujuannya yaitu memberikan gambaran kandungan mineral internal dan eksternal yang berasal dari proses awal sampai terbentuk ekstrak.
2. Penetapan kadar air ekstrak, tujuannya yaitu memberikan batasan minimal atau rentang tentang besarnya kandungan air di dalam ekstrak.

2.14 *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)*

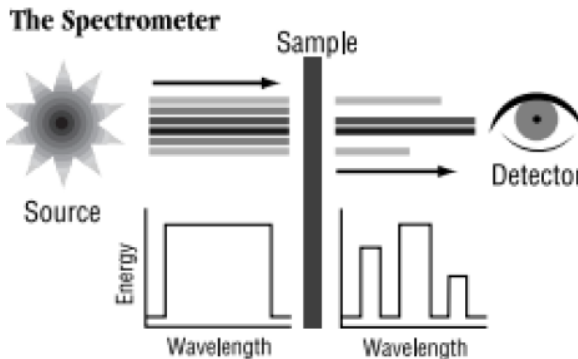
Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merupakan suatu alat untuk mengetahui gugus fungsional dalam suatu senyawa. Dasar pemikiran dari Spektrofotometer FTIR adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis. Identifikasi gugus fungsi dari suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada



spektrum inframerah menggunakan tabel korelasi senyawa pembanding. Data yang dihasilkan berupa grafik intensitas dan bilangan gelombang. Intensitas menunjukkan jumlah senyawa yang diidentifikasi sedangkan bilangan gelombang menunjukkan gugus fungsi senyawa yang terdapat dalam sebuah sampel (Silverstein *et al.*, 1984).

FTIR merupakan teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau *Raman Scattering* dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Mujiyanti dkk, 2010). *Spectroscopy* FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006).

Prinsip kerja FTIR berupa *infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21 (Therno, 2001).



Gambar 2.21. Skematik Prinsip Kerja FTIR (Therno, 2001).

Pada sistem optik FTIR digunakan radiasi LASER (*light amplification by stimulated emission of radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik. Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*tetra glycerine sulphate*) atau MCT (*mercury cadmium telluride*). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekwensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi infra merah.

Vibrasi yang digunakan untuk identifikasi adalah vibrasi tekuk, khususnya vibrasi *rocking* (goyangan), yaitu yang berada di daerah bilangan gelombang $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Karena di daerah antara $4000 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah yang khusus yang berguna untuk identifikasi gugus fungsional. Daerah $4000 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh vibrasi regangan. Sedangkan daerah antara $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ seringkali sangat rumit, karena vibrasi regangan maupun bengkokan mengakibatkan absorpsi pada daerah tersebut. Dalam daerah $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ tiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik, sehingga daerah tersebut sering juga disebut sebagai daerah sidik

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



jari (*fingerprint region*). Meskipun pada daerah $4000 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan absorpsi yang sama, pada daerah $2000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ juga harus menunjukkan pola yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa dua senyawa adalah sama (Hsu, 1994). Berikut ini adalah Tabel 2.11 referensi gugus fungsional untuk instrumen FTIR.

Tabel 2.11. Gugus Fungsional untuk Instrumen FTIR
(Skoog *et. al*, 1998)

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah Frekuensi (cm^{-1})	Intensitas
C – H	Alkana	2850 – 2970 1340 – 1470	Kuat Kuat
C – H	Alkena	3010 – 3095 675 – 995	Sedang Kuat
C – H	Alkana	3300	Kuat
O – H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, Fenol monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3590 – 3650 3200 – 3600 3500 – 3650 2500 – 2700	Berubah-ubah, Berubah-ubah, terkadang melebar Sedang Melebar
N – H	Amina, Amida	3300 – 3500	Sedang
C = C	Alkena	1610 – 1680	Berubah-ubah
C = C	Cincin Aromatik	1500 – 1600	Berubah-ubah
C \equiv C	Alkana	2100 – 2260	Berubah-ubah
C – N	Amina, Amida	1180 – 1360	Kuat
C \equiv N	Nitril	2210 – 2280	Kuat
C – O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	1050 – 1300	Kuat
C = O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 – 1760	Kuat
NH ₂	Senyawa Nitro	1500 – 1570 1300 – 1370	Kuat Kuat

Analisis menggunakan spektrometer FTIR memiliki beberapa kelebihan utama dibandingkan dengan metode konvensional yaitu :



- a. Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan, sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat dari pada menggunakan cara *scanning*.
- b. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi. Sensitivitas dari metoda Spektrofotometri FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistim detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (*slitless*).
- c. Pada FTIR, mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak dibanding spektroskopi infra merah lainnya, dapat mengidentifikasi meterial yang belum diketahui, serta dapat menentukan kualitas dan jumlah komponen sebuah sampel (Hamdila, 2012).

2.15 Kromatografi Lapis Tipis

Kromatografi didefinisikan sebagai prosedur pemisahan zat terlarut oleh suatu proses migrasi diferensial dinamis dalam system yang terdiri dari dua fase, salah satu diantaranya bergerak secara berkesinambungan dengan arah tertentu dan di dalamnya terdapat zat-zat yang menunjukkan perbedaan mobilitas, disebabkan adanya perbedaan absorbs, partisi, kelarutan, tekanan uap, ukuran molekul atau kerapatan muatan ion (Depkes RI, 2009). Pemisahan yang terjadi pada kromatografi menggunakan dua fase yang tidak tercampur, tetapi masih dalam satu sistem yang sama. Kedua fase tersebut dinamakan fase gerak dan fase diam yang umumnya berupa zat padat atau zat cair yang didukung oleh zat padat (Sumarno, 2001).

Kromatografi lapis tipis digunakan pada pemisahan zat secara cepat, dengan menggunakan zat penyerap berupa serbuk halus yang dilapiskan secara merata pada lempeng kaca. Lempeng yang dilapis serbuk merupakan kolom kromatografi terbuka dan pemisahan didasarkan pada penyerapan, pembagian atau kombinasi keduanya, tergantung dari jenis zat penyerap dan cara pembuatan lapisan zat penyerap serta jenis pelarut. Kromatografi



lapis tipis dengan penyerap penukar ion dapat digunakan untuk pemisahan senyawa polar. Harga R_f yang diperoleh pada kromatografi lapis tipis, tidak tetap jika dibandingkan dengan yang diperoleh pada kromatografi kertas. Karena itu pada lempeng yang sama disamping kromatogram dari zat pembanding kimia, lebih baik dengan kadar yang berbeda-beda. Perkiraan identifikasi diperoleh dengan pengamatan 2 bercak dengan harga R_f dan ukuran yang lebih kurang sama. Ukuran dan identitas bercak dapat digunakan untuk memperkirakan kadarnya.

Kromatografi lapis tipis ini dikembangkan tahun 1938 oleh Ismailoff dan Schraiber. Adsorben dilapiskan pada lempeng kaca yang bertindak sebagai penunjang fase diam. Fase bergerak akan menyerap sepanjang fase diam dan terbentuklah kromatogram. Ini dikenal juga sebagai kromatografi kolom terbuka. Metode ini sederhana, cepat dalam pemisahan dan sensitif, kecepatan pemisahan tinggi dan mudah untuk memperoleh kembali senyawa-senyawa yang terpisahkan (Khopkar, 1990).

Dengan menggunakan kromatografi lapis tipis, pemisahan senyawa yang berbeda seperti senyawa organik alam dan senyawa organik sintetik, kompleks anorganik-organik, dan ion anorganik, dapat dilakukan dalam beberapa menit. Jumlah cuplikan terendah beberapa mikrogram atau tertinggi 5 g dapat ditangani, bergantung pada alat yang ada dan gejala kromatografi yang terlibat. Kelebihan kromatografi lapis tipis yang lain adalah pemakaian pelarut dan cuplikan yang jumlahnya sedikit, kemungkinan penotolan cuplikan berganda (dapat saling membandingkan langsung cuplikan secara praktis), dan tersedianya berbagai metode (seperti kromatografi cair-padat, kromatografi cair-cair dan kromatografi eksklusif) (Gritter, 1991).

Kromatografi lapis tipis dapat dipakai dengan dua tujuan. Pertama, dipakai selayaknya sebagai metode untuk mencapai hasil kualitatif, kuantitatif, atau preparatif. Kedua, dipakai untuk menjajaki sistem pelarut dan sistem penyangga yang akan dipakai



dalam kromatografi kolom atau kromatografi cair kinerja tinggi (Gritter, 1991).

Beberapa istilah yang digunakan dalam kromatografi lapis tipis. Fase diam pada kromatografi lapis tipis berupa fase polar (fase normal) seperti : silika gel, alumina (aluminium oksida), kieselguhr, magnesium silikat dan selulose, maupun fase non polar (fase terbalik) seperti: fase diam dari silika dan resin. Fase gerak baik tunggal maupun campuran pemilihannya tergantung pada solut yang dianalisis dan fase diam yang digunakan. Bila fase diam telah ditentukan, maka memilih fase gerak dapat berpedoman pada kekuatan elusi fase gerak tersebut (Sumarno, 2001).

Titik tempat campuran ditotolkan pada ujung pelat atau lembaran disebut titik awal dan cara menempatkan cuplikan disebut penotolan. Garis depan pelarut adalah bagian atas fase gerak atau pelarut ketika ia bergerak melalui lapisan, dan setelah pengembangan selesai, merupakan tinggi maksimum yang dicapai oleh pelarut (Gritter, 1991). Jarak pengembangan senyawa pada kromatogram biasanya dinyatakan dengan angka R_f atau hR_f angka R_f berjangka antara 0,00 dan 1,00 dan hanya dapat ditentukan dua desimal. hR_f ialah angka R_f dikalikan faktor 100 (h), menghasilkan nilai berjangka 0 sampai 100, jika dipilih 10 cm sebagai jarak pengembangan, maka jarak rambat suatu senyawa (titik awal – pusat bercak dalam cm) x 10 menghasilkan angka hR_f . Tetapi, karena angka R_f merupakan fungsi sejumlah faktor, angka ini harus dianggap hanya sebagai petunjuk (Stahl, 1985).

Dalam mengidentifikasi noda-noda dalam lempeng sangat lazim menggunakan harga R_f (*retardation factor*) :

$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh senyawa terlarut}}{\text{Jarak yang ditempuh pelarut}} \quad (2.40)$$



Faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan dalam kromatografi lapis tipis yang juga mempengaruhi harga R_f (Sastrohamidjojo, 1991) :

1. Struktur kimia dari senyawa yang dipisahkan
2. Sifat dari fase diam
3. Tebal dan kelarutan dari fase diam
4. Pelarut fase gerak
5. Kejenuhan dari uap dalam bejana pengimbangan
6. Jumlah cuplikan yang digunakan
7. Temperatur

Berikut ini adalah istilah-istilah yang umum digunakan pada pengujian kromatografi lapis tipis :

1. Fase diam (*stationer phase*), yaitu bahan yang digunakan dalam kromatografi yang tidak bergerak dan membentuk pelat-pelat teoritis. Fase diam dapat berupa padatan, cairan, ataupun gas.
2. Fase bergerak (*moving phase, mobile phase*), yaitu bahan yang digunakan dalam kromatografi yang kedalamnya dilarutkan (terdapat) campuran komponen yang akan dipisahkan, yang bergerak sepanjang fase diam. Fase bergerak dapat berupa cairan maupun gas.
3. Penyangga atau matrik (*support*), yaitu bahan padat yang digunakan pada kromatografi untuk menahan fase diam yang berupa cairan atau gas supaya tidak bergerak.
4. Penyerap (*sorbent*), yaitu bahan padatan yang berfungsi sebagai penyangga sekaligus sebagai fase diam.
5. Solut (*solute*), adalah komponen-komponen yang terdapat dalam bentuk campuran dalam pelarut yang akan dipisahkan melalui sistem kromatografi.
6. Pengembang (*developer*) atau eluen (*eluent*), adalah pelarut/larutan yang digunakan untuk mengelusi campuran komponen yang sudah ada di dalam sistem kromatografi supaya dapat bergerak sepanjang pelat-pelat teoritis (kolom).



7. Eluat, yaitu pengembang atau eluen yang keluar dan sistem kromatografi yang secara periodik mengandung komponen-komponen yang sudah terpisahkan.
8. Elusi ialah pekerjaan atau usaha untuk menjalankan komponen-komponen dalam pelarut untuk bergerak sepanjang kolom dalam sistem kromatografi dengan cara mengalirkan eluen.
9. Pemuatan (*loading*) sampel, yaitu pekerjaan menempatkan sejumlah larutan sampel yang mengandung komponen-komponen yang akan dipisahkan ke dalam ruang sampel yang ada pada peralatan kromatografi.
10. Volume retensi (*retention volume, void volume, hold-up volume*), ialah jumlah larutan pengelusi (fase bergerak) yang memenuhi rongga-rongga dan pori-pori dalam kolom (matrik).
11. Volume bed (*bed volume*) adalah jumlah larutan pengelusi ditambah dengan volume kolom.
12. Volume pengelusi (*elution volume*) ialah jumlah larutan pengelusi yang harus ditambahkan ke dalam sistem kromatografi untuk menghasilkan (mengeluarkan dari kolom) sebuah puncak kromatogram.
13. Kolom adalah sejumlah matrik yang dimasukkan ke dalam tabung untuk kromatografi.
14. Kromatogram adalah respon detektor dalam bentuk grafik di antara sumbu respon versus waktu retensi atau dalam bentuk noda-noda di atas bahan penyerap atau fase diam.

2.16 Spektrofotometri Ultraviolet-Visible

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui



larutan berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi).

Absorbansi adalah perbandingan intensitas sinar yang diserap dengan intensitas sinar datang. Nilai absorbansi ini akan bergantung pada kadar zat yang terkandung di dalamnya, semakin banyak kadar zat yang terkandung dalam suatu sampel maka semakin banyak molekul yang akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu sehingga nilai absorbansi semakin besar atau dengan kata lain nilai absorbansi akan berbanding lurus dengan konsentrasi zat yang terkandung didalam suatu sampel. Jika suatu molekul bergerak dari suatu tingkat energi ke tingkat energi yang lebih rendah maka beberapa energi akan dilepaskan. Energi ini dapat hilang sebagai radiasi dan dapat dikatakan telah terjadi emisi radiasi. Jika suatu molekul dikenai suatu radiasi elektromagnetik pada frekuensi yang sesuai sehingga energi molekul tersebut ditingkatkan ke level yang lebih tinggi, maka terjadi peristiwa penyerapan (absorpsi) energi oleh molekul.

Suatu grafik yang menghubungkan antara banyaknya sinar yang diserap dengan frekuensi (panjang gelombang) sinar merupakan spektrum absorpsi (spektra). Spektra juga dapat berfungsi sebagai bahan informasi yang bermanfaat untuk analisa kualitatif. Banyaknya sinar yang diabsorpsi pada panjang gelombang tertentu sebanding dengan banyaknya molekul yang menyerap radiasi, sehingga spektra absorpsi juga dapat digunakan untuk analisa kuantitatif. Dalam suatu molekul, yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga dapat menentukan sifat suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenakan suatu energi.

Ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu molekul, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Jika molekul menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi



perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul hanya akan bergetar (vibrasi), sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi. Jika suatu berkas cahaya melewati suatu medium homogen, sebagian dari cahaya datang (I_o) diabsorpsi sebanyak (I_a), sebagian dapat dipantulkan (I_r), sedangkan sisanya ditransmisikan (I_t) dengan efek intensitas murni sebesar :

$$(I_o) = (I_a) + (I_t) + (I_r) \quad (2.41)$$

Keterangan : (I_o) = Intensitas cahaya datang

(I_a) = Intensitas cahaya diabsorpsi

(I_r) = Intensitas cahaya dipantulkan

(I_t) = Intensitas cahaya ditransmisikan

Lambert, Beer, dan Bouger menunjukkan hubungan antara transmittan dengan intensitas cahaya sebagai berikut :

$$T = \frac{I_t}{I_o} = 10^{-abc} \quad (2.42)$$

Keterangan : T = Transmittansi

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan

I_o = Intensitas sinar datang

a = Tetapan absorptivitas

b = Jarak tempuh optik

c = Konsentrasi

$$\text{Log } (T) = \text{Log } \frac{I_t}{I_o} = -abc \quad (2.43)$$

$$\text{Log } (T) = g \frac{[I]}{[T]} = \text{Log } \frac{[I_o]}{[I_t]} = | abc = A \quad (2.44)$$

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dengan $A = \text{absorbansi}$, $-\log T = abc = A = \epsilon bc$

Transmittansi adalah perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan ketika melewati sampel (I_t), dengan intensitas cahaya mula-mula sebelum melewati sampel (I_0). ϵ adalah absorptivitas molar atau koefisien molar *extinction*, nilainya dipengaruhi oleh sifat-sifat khas dari materi yang diradiasi. Jika konsentrasi dalam satuan gram/liter maka ϵ dapat diganti dengan a disebut sebagai absorptivitas spesifik. Absorptivitas (a) merupakan suatu konstanta yang tidak tergantung pada konsentrasi, tebal kuvet, dan intensitas radiasi yang mengenai larutan sampel. Absorptivitas tergantung pada suhu, pelarut, struktur molekul, dan panjang gelombang radiasi (Yanlinastuti, 2011).

Untuk mengilustrasikan bagaimana radiasi elektromagnetik berinteraksi dengan benda, adalah perlu memikirkan berkas sinar sebagai foton. Tenaga setiap foton berbanding langsung dengan frekuensi radiasi dan hal ini dinyatakan dalam persamaan :

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{n \cdot \lambda} \quad (2.45)$$

Dimana E = energi foton dalam erg; ν = frekuensi radiasi elektromagnetik dalam Hz; dan h = tetapan Planck $6,624 \times 10^{-24}$ J-detik. Foton yang memiliki frekuensi yang tinggi (panjang gelombang pendek) mempunyai tenaga yang lebih tinggi daripada foton yang berfrekuensi rendah (panjang gelombang panjang) (Sastrohamidjojo, 2001).

Semua gugus atau gugusan atom yang mengabsorpsi radiasi UV-Vis yang disebut sebagai kromofor. Pada senyawa organik dikenal pula gugus aoksokrom, adalah gugus fungsional yang mempunyai elektron bebas seperti $-\text{OH}$; $\text{O} - \text{NH}_2$ dan $\text{O} - \text{CH}_3$. Terikatnya gugus aoksokrom oleh gugus kromofor akan mengakibatkan pergeseran pita absorpsi menuju ke panjang gelombang yang lebih panjang (pergeseran merah = batokromik) disertai peningkatan intensitas (efek hiperkromik) (Mulja, 1995).



Semua molekul dapat mengabsorpsi radiasi daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik sekutu maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang tampak atau cahaya yang dilihat dalam kehidupan sehari-hari disebut warna komplementer. Misalnya suatu zat akan berwarna orange bila menyerap warna biru dari spektrum sinar tampak dan suatu zat akan berwarna hitam bila menyerap semua warna yang terdapat pada spektrum sinar tampak. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel berikut :

Tabel 2.12. Spektrum Cahaya Tampak dan Warna-Warna Komplementer (Underwood, 1986)

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Orange
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-Hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Orange	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

Suatu spektrofotometer UV-Vis tersusun atas (Creesswell, 1981) :

1. Sumber cahaya, yang digunakan untuk daerah ultraviolet adalah lampu deuterium atau lampu hidrogen, sedangkan untuk daerah *visible* adalah lampu wolfram/tungsten.
2. Monokromator, digunakan untuk memperoleh sumber sinar monokromatis. Alatnya dapat berupa prisma atau grating.



3. Sel absorbs (kuvet), yang biasa digunakan pada pengukuran di daerah ultraviolet adalah kuvet yang terbuat dari kuarsa, sedangkan untuk daerah *visible* adalah kuvet yang terbuat dari kaca. Umumnya tebal kuvet 10 mm.
4. Detector, berfungsi untuk mengubah energy radiasi menjadi sinyal listrik.
5. Penguat (amplifier), berfungsi untuk membuat sinyal listrik yang lemah menjadi kuat.
6. Rekorder, adalah spektrum pencatat yang dapat menunjukkan besarnya sinyal listrik.

2.16.1 Spektrofotometri UV-Vis untuk Flavonoid

Spektrofotometri serapan ultraviolet dan serapan tampak merupakan salah satu cara untuk menganalisis struktur flavonoid. Cara tersebut digunakan untuk membantu mengidentifikasi jenis flavonoid dan menentukan pola oksigenasi. Flavonoid mengandung sistem aromatis yang terkonjugasi dan dapat menunjukkan pita serapan kuat pada daerah UV-Vis (Harborne, 1987). Disamping itu kedudukan gugus hidroksil fenol bebas pada inti flavonoid dapat ditentukan dengan menambahkan pereaksi (pereaksi geser) ke dalam larutan cuplikan dan mengamati pergeseran puncak serapan yang terjadi.

Dengan demikian, secara tidak langsung cara ini berguna untuk menentukan kedudukan gula atau metil yang terikat pada salah satu gugus hidroksil fenol (Markham, 1988). Spektrum flavonoid biasanya ditentukan dalam larutan dengan pelarut metanol atau etanol (EtOH), meski perlu diingat bahwa spektrum yang dihasilkan dalam etanol kurang memuaskan. Spektrum khas terdiri atas dua maksimal pada rentang 240–285 nm (pita II) dan 300–550 nm (pita I) (Markham, 1988). Rentangan serapan spektrum UV – tampak flavonoid dapat dilihat pada Tabel 2.13.



Tabel 2.13. Rentang Serapan Spektrum UV-Cahaya Tampak Flavonoid (Markham, 1998)

Pita I (nm)	Pita II (nm)	Jenis Flavonoid
250 – 280	310 – 350	Flavon
250 – 280	330 – 360	Flavonol (3-OH tersubstitusi)
250 – 280	350 – 385	Flavonol (3-OH bebas)
245 – 275	310 – 330 bahu	Isoflavon
275 – 295 230 – 270	300 – 330 bahu 340 – 390	Flavonon dan dihidroflavonol Khalkon
(kekuatan rendah) 230 – 270	380 – 430	Auron
(kekuatan rendah) 270 – 280	465 – 560	Antosianidin dan Antosianin

2.17 Penelitian Sebelumnya

Daun sirih merah dan tumbuhan sarang semut telah diteliti sebelumnya berikut dengan hasil dari pengujiannya. Pengujian dengan menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) untuk membuktikan kandungan flavanoid yang terdapat pada ekstrak sarang semut (Adam, 2010). Kromatografi dari delapan jenis flavanoid yang dideteksi pada 280 nm dan waktu rentetasi (menit) dengan kandungan catechin 17,593%, epicatechin 43,11%, rutine 62,433%, luteoline 73,178%, myrcetin 74,777%, kaempferol 76,197%, quercetin 76,147%, dan apigenin 67,160% (Adam, 2010).

Flavanoid yang terkandung pada ekstrak sarang semut terdiri dari senyawa kaempferol yang merupakan senyawa dengan kandungan terbesar yaitu sebesar 13,767 mg/g, luteoline (0,005 mg/g), rutine (0,003 mg/g), quercetine (0,03 mg/g), dan apigenin

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



(4,7 mg/g). Berdasarkan penelitian Atria, dkk, 2013, ekstrak sarang semut mengandung senyawa *cycloartenol* dan *obtusifoliol* yang mana keduanya termasuk kedalam gugus alkohol. Kandungan senyawa lainnya adalah *3-keto-urs-12-ene* dan *1H-Pyrazol-5ol*, *1-(6-chloro-4-methyl-2-quinolinyl)-3-methyl* CAS yang merupakan kelompok alkaloid. Sedangkan *24-methylenecycloartan-3-one* merupakan kelompok senyawa hidrokarbon. Selain itu, dengan pengujian FTIR diperoleh bahwa sarang semut mengandung gugus fungsi seperti N-H, O-H, C=C, C-H, dan C-O yang mana dari kesemua ikatan tersebut menunjukkan sifat proteksi yang bersifat hidrofobik, hidrofilik, maupun adsorpsi pada permukaan logam (Sasza, 2014).

Tabel 2.14. Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Sarang Semut Penelitian Sebelumnya (Sasza, 2014)

No	Wavenumber (cm-1)	Ikatan	Tipe senyawa	Intensitas
1	3342.91	N-H	Amina, Amida	Sedang
		O-H	Alkohol ikatan hidrogen, fenol	Berubah-ubah,terkadang melebar
2	2361.88	Ikatan rangkap 3		-
3	1628.99	C=C	Alkena	Berubah-ubah
4	1443.08	C-H	Alkana	Kuat
5	1109.51	C-O	Alkohol, eter, asam kaborsilat, ester	Kuat

Dari Tabel 2.14 dapat disimpulkan bahwa ekstrak sirih merah mengandung berbagai macam gugus fungsi, antara lain: C-H, C-O, C=C, N-H, NO₂ dan O-H. Senyawa-senyawa ini merupakan suatu jenis golongan senyawa flavonoid dan



tripernoid. Senyawa organik tersebut diharapkan mengalami proses adsorpsi ke permukaan logam sehingga logam terproteksi dari serangan korosi yang berasal dari lingkungannya. Selain itu, senyawa harus mempunyai grup hidrokarbon yang bersifat hidrofobik dan pada salah satu ujung rantai ikatannya harus bersifat hidrofilik seperti N, O, OH, S dan NH₂. Maka rantai ikatan inilah yang akan menjadi penghalang bagi lingkungan korosif untuk kontak langsung dengan logam. Maka dari itu ekstrak sarang semut dan sirih merah dapat digunakan sebagai inhibitor korosi.

Penelitian sebelumnya tentang kadar total senyawa flavonoid sarang semut berikut dengan metode ekstraksi yang digunakan dan jenis pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Penelitian Sebelumnya tentang Kadar Flavonoid Total Sarang Semut

Penelitian	Pelarut	Metode Ekstraksi	Pengujian Kadar Flavonoid	Kadar Flavonoid (mg/g)
Adam, 2010	Etanol 80%	Water Bath	HPLC	0,03
Ariani dkk 2015	Akuades	Maserasi	Spektrofotometri UV-Vis	1,0
	Akuades	Soxhletasi	Spektrofotometri UV-Vis	1,5

Untuk penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan efisiensi inhibitor sarang semut, dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16. Penelitian Sebelumnya tentang Efisiensi Inhibitor Sarang Semut

Penelitian	Efisiensi Inhibitor (%)	Konsentrasi (ppm)	Media Uji	Material Uji
Atria, 2013	91,41	400	NaCl 3,5 %	Baja API 5L Grade B
Dinar, 2014	61,88	500	HCl 1 M	Baja API 5L

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



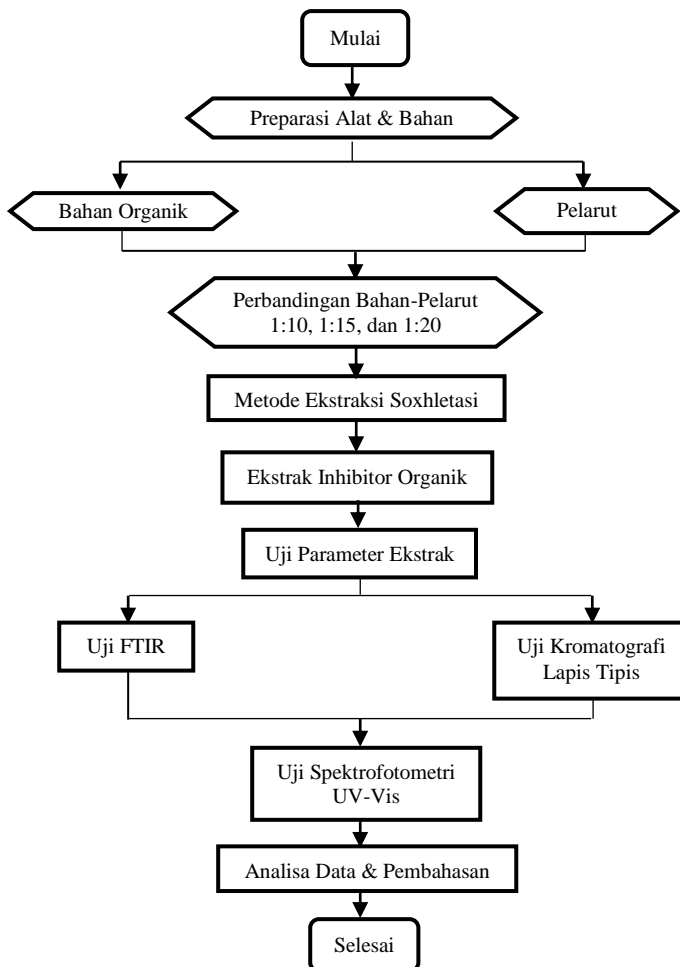
				Grade B
Manggara, 2014	64,24	500	HCl 1 M	Baja API 5L Grade B
	32,07	300	H ₂ SO ₄ 1 M	Baja API 5L Grade B
Sasza, 2014	99,62	400	NaCl 3,5 %	Baja API 5L Grade B
Saudah, 2014	57,35	400	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Baja API 5L Grade B



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian



3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

a. <i>Beaker Glass</i> 1000 mL	3 buah
b. <i>Beaker Glass</i> 500 mL	1 buah
c. <i>Beaker Glass</i> 100 mL	2 buah
d. Baskom	1 buah
e. Toples kaca	3 buah
f. Pengaduk	1 buah
g. Ayakan mesh 40	1 buah
h. Kertas saring	2 lembar
i. Krus silikat	3 buah
j. Blender	1 buah
k. Timbangan digital	1 buah
l. Alat Soxhletasi	1 set
m. Alat <i>Rotary Evaporator</i>	1 set
n. <i>Muffle Furnace</i>	1 set
o. Alat FTIR	1 set
p. Alat Kromatografi Lapis Tipis	1 set
q. Alat Spektrofotometri UV-Vis	1 set

3.2.2 Bahan Penelitian

- Simplisia Tumbuhan Sarang Semut
- Aseton
- Akuades
- Larutan FeCl_3
- Etanol 96%

3.3 Metode Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dan tahap eksperimental atau pengujian secara kualitatif dan kuantitatif terhadap ekstrak sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi. Studi literatur yang dilakukan dengan mempelajari buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya tentang inhibitor organik sarang semut, perbandingan bahan-pelarut, metode ekstraksi soxhletasi, dan pengujian terhadap ekstrak hasil ekstraksi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Inhibitor organik yang digunakan sebelumnya mengandung senyawa antioksidan berupa flavonoid. Untuk mendapatkan data secara eksperimental atau pengujian dilakukan secara berurutan pengujian secara kualitatif yang meliputi Uji Parameter Spesifik Ekstrak, Uji FTIR, dan Uji Kromatografi Lapis Tipis dengan TLC-Scanner. Kemudian, pengujian secara kuantitatif, yaitu Uji Spektrofotometri UV untuk flavonoid. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan agar prosedur penelitian lebih sistematis.

3.3.1 Preparasi Ekstrak Inhibitor

Inhibitor yang digunakan adalah ekstrak dari bahan organik, yaitu umbi sarang semut. Berikut ini adalah preparasi yang diperlukan untuk mengekstrak umbi sarang semut :

1. Preparasi Serbuk Simplisia

Pembuatan serbuk simplisia bertujuan untuk mempermudah dan mempercepat proses penyarian senyawa aktif yang terdapat pada tumbuhan umbi sarang semut. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan simplisia dari bahan organik tumbuhan umbi sarang semut :

- Mengeringkan tumbuhan umbi sarang semut dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari agar kandungan air atau *moisture* yang ada di dalamnya berkurang. Pada siang hari, proses penjemuran bahan organik ditutup dengan kain agar tidak merusak kandungan senyawa aktif.
- Melakukan proses pengeringan selama 3 hari.
- Menghaluskan bahan organik dengan blender hingga berbentuk serbuk.
- Mengayak serbuk yang telah diblender menggunakan ayakan dengan ukuran mesh 40, serbuk yang masih kasar akan diblender kembali dan kemudian diayak hingga mendapatkan serbuk dengan tingkat kehalusan yang diinginkan.



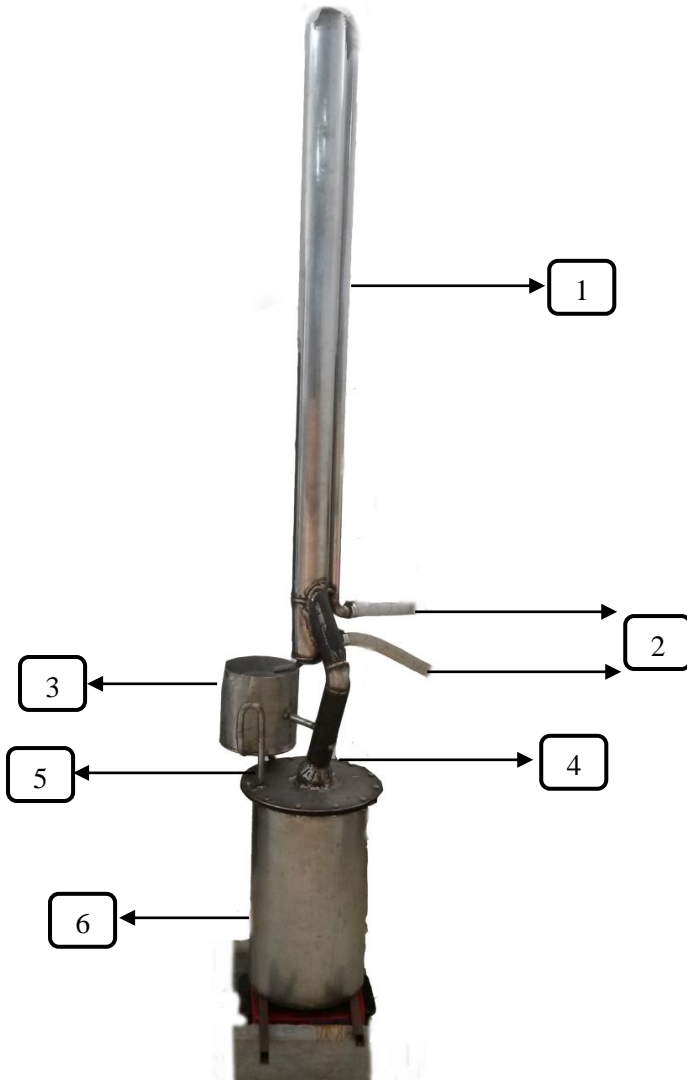
Gambar 3.2. Simplisia Serbuk Umbi Sarang Semut

2. Ekstraksi Umbi Sarang Semut

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi soxhletasi untuk mengekstrak bahan umbi sarang semut yang akan diaplikasikan sebagai inhibitor organik. Bahan organik (simplisia umbi sarang semut) yang digunakan pada proses ekstraksi sebanyak 100 gram. Campuran antara aseton dan akuades sebanyak 7:3 sebagai pelarut bahan. Volume pelarut yang digunakan masing-masing sebesar 1000 mL, 1500 mL, dan 2000 mL, sehingga didapatkan perbandingan antara bahan-pelarut, yaitu 1:10, 1:15, dan 1:20. Pada alat soxhlet terbagi menjadi tiga komponen alat, yaitu alat soxhlet, pompa beserta dengan bak penampung air, dan kompor listrik beserta alat *thermo control*. Berikut ini adalah bagian-bagian soxhlet beserta dengan fungsinya :



A. Alat Soxhlet



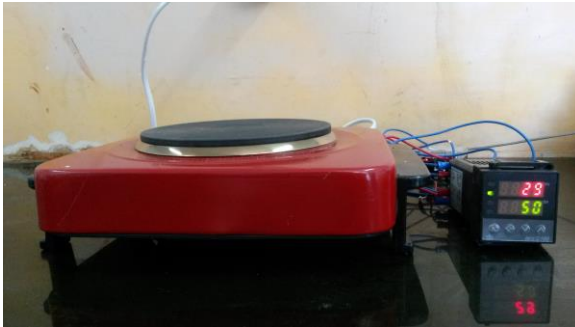
Gambar 3.3. Alat Soxhlet pada Penelitian ini dan Bagian-bagiannya



Bagian dan fungsi dari alat soxhlet adalah sebagai berikut :

1. Pipa Pendingin : berfungsi sebagai penyalur air untuk mendinginkan uap yang mengalir pada Pipa Sifon.
2. Saluran Air : berfungsi sebagai saluran masuk air yang dipompa menuju ke dalam Pipa Pendingin dan keluar menuju bak penampung air.
3. Wadah Destilat : berfungsi sebagai wadah untuk menampung larutan hasil penguapan.
4. Pipa F : berfungsi sebagai saluran uap untuk pelarut yang menguap dari proses pemanasan.
5. Sifon : berfungsi untuk menyalurkan larutan hasil penguapan kembali ke dalam tabung tempat dipanaskannya larutan apabila larutan yang ditampung oleh Sifon telah penuh.
6. Tabung Wadah Sampel : berfungsi sebagai wadah bagi bahan dan pelarut yang akan dipanaskan.

B. Kompor Listrik



Gambar 3.4. Kompor Listrik dan Alat *Thermo Control*

Kompor listrik berfungsi sebagai alat pemanas campuran bahan pelarut yang berada di dalam tabung wadah sampel pada alat soxhletasi. Alat ini memiliki daya listrik sebesar 600

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Watt dan tegangan listrik sebesar 220 V, dilengkapi dengan pengaman *thermostat* dan *thermofuse*. Untuk alat *thermo control*, berfungsi untuk mengatur dan menjaga temperatur pemanasan pada kompor listrik agar tetap konstan. Alat ini dilengkapi dengan *solid state relay* yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mematikan dan menghidupkan *fuse* pada kompor listrik apabila temperatur pemanasan berlebih atau berkurang. Kompor listrik dan alat *thermo control* dirangkai menjadi satu kesatuan dan diletakkan pada bagian bawah tabung wadah sampel pada alat soxhlet.

C. Pompa Air dan Bak Penampung Air



(a)

(b)

Gambar 3.5. (a) Pompa Air (b) Bak Penampung Air untuk Alat Soxhlet

Fungsi dari pompa air adalah untuk memompa air yang berada pada bak penampung air ke dalam pipa pendingin alat soxhlet. Ketika proses ekstraksi dimulai, maka pompa air juga dihidupkan. Alat ini dirangkai menjadi satu kesatuan, air yang dipompa akan masuk ke dalam pipa pendingin, kemudian keluar menuju bak penampungan air, sehingga pada proses pendinginan ini berjalan secara siklus yang kontinu.



Langkah-langkah pembuatan ekstrak inhibitor adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan simplisia umbi sarang semut sebanyak 100 gram dan pelarut dalam *beaker glass* yang berbeda.
- Memasukkan simplisia umbi sarang semut ke dalam tabung alat soxhlet.
- Menuangkan campuran pelarut aseton-akuades ke dalam tabung alat soxhlet dan kemudian diaduk.
- Merangkai alat soxhletasi dan melakukan proses ekstraksi pada temperatur 50°C.
- Mendinginkan ekstrak umbi sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi.
- Menyaring ekstrak umbi sarang semut dengan menggunakan kertas saring.
- Melakukan kembali langkah-langkah tersebut untuk masing-masing volume pelarut.



(a)




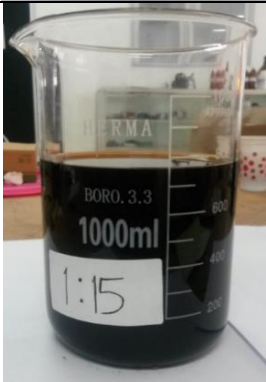
(b)

Gambar 3.6. (a) Penyaringan Ekstrak Umbi Sarang Semut setelah Didinginkan dari Proses Soxhletasi (b) Ekstrak Cair Umbi Sarang Semut Hasil Ekstraksi Soxhletasi




Ekstrak hasil proses ekstraksi umbi sarang semut dengan menggunakan metode soxhletasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Volume Ekstrak Cair Umbi Sarang Semut Hasil Ekstraksi Soxhletasi

No	Perbandingan Bahan-Pelarut	Hasil Ekstrak	Volume Ekstrak Cair
1	1 : 10		300 mL
2	1 : 15		770 mL



3	1 : 20		990 mL
---	--------	---	--------

Sedangkan, lama waktu ekstraksi soxhletasi untuk simplisia serbuk umbi sarang semut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Lama Waktu Ekstraksi Soxhletasi

No.	Perbandingan Bahan-Pelarut	Temperatur Ekstraksi	Lama Waktu Ekstraksi
1	1 : 10	50°C	2 jam 7 menit
2	1 : 15	50°C	2 jam 12 menit
3	1 : 20	50°C	2 jam 9 menit
Rata-rata			2 jam 9,3 menit

3.3.2 Pemekatan Ekstrak Inhibitor

Ekstrak inhibitor yang diperoleh dari proses ekstraksi dipekatkan dengan menggunakan alat *rotary evaporator*. Pemekatan ekstrak bertujuan untuk memisahkan antara ekstrak dengan pelarut yang masih tersisa dalam ekstrak, karena hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas ekstrak yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Dari proses pemekatan ini akan diperoleh ekstrak yang lebih kental. Pemanasan pada alat *rotary evaporator*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



menggunakan penangas air yang dibantu dengan sistem rotasi dan akan memutar labu yang berisi sampel, sehingga pemanasan akan lebih merata. Selain itu, penurunan tekanan diberikan ketika labu yang berisi sampel diputar menyebabkan penguapan lebih cepat. Dengan adanya pemutaran labu maka proses penguapan menjadi lebih cepat terjadi. Pompa vakum digunakan untuk menguapkan larutan agar naik ke kondensor yang selanjutnya akan diubah kembali ke dalam bentuk cair. Proses pemekatan ekstrak dilakukan pada temperatur 60°C di Unit Layanan Pengujian Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.

Berikut ini langkah-langkah memekatkan ekstrak hasil soxhletasi menggunakan alat *rotary evaporator* :

- Menuangkan ekstrak cair ke dalam labu alas bulat sebanyak kurang lebih 250 mL.
- Menghidupkan penangas air dan mengatur temperatur pemanasan sebesar 60°C.
- Menghidupkan pompa vakum dan mengatur tekanan yang digunakan untuk proses pemekatan
- Melakukan proses pemekatan hingga menghasilkan ekstrak pekat dalam bentuk ekstrak kental.



Gambar 3.7. Alat *Rotary Evaporator*

3.3.2.1 Perhitungan Rendemen Ekstrak

Ekstrak umbi sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi yang telah dipekatkan, dikeringkan, dan ditimbang untuk mengetahui berat akhir dari ketiga sampel ekstrak, kemudian dihitung nilai rendemen pada masing-masing perbandingan bahan-pelarut. Nilai rendemen dinyatakan dalam persentase berat ekstrak yang dihasilkan per berat simplisia yang diekstraksi, dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak yang dihasilkan}}{\text{berat simplisia yang diekstraksi}} \quad (3.1)$$



Gambar 3.8. Timbangan Digital

3.3.3 Pengujian Parameter Ekstrak

3.3.3.1 Parameter Spesifik Ekstrak

Parameter spesifik ekstrak merupakan teknik pengujian yang sederhana dan tidak membutuhkan peralatan khusus. Parameter spesifik dari ekstrak sarang semut dibagi menjadi dua, yaitu identitas ekstrak dan organoleptik. Pengujian secara identitas bertujuan untuk memberikan identitas obyektif dari nama dan spesifik dari senyawa identitas. Parameter identitas ekstrak memberikan deskripsi tata nama, yaitu nama ekstrak, nama latin tumbuhan, bagian tumbuhan yang digunakan, nama Indonesia tumbuhan dan ekstrak dapat mempunyai senyawa identitas artinya senyawa tertentu yang menjadi petunjuk spesifik dengan metode tertentu. Senyawa identitas tersebut selanjutnya akan dilakukan pengujian secara kualitatif dan kuantitatif.

Organoleptik ekstrak bertujuan untuk pengenalan awal yang sederhana seobyektif mungkin. Parameter organoleptik ekstrak adalah penggunaan panca indera mendeskripsikan bentuk, warna, dan bau (Depkes RI, 2000).



3.3.3.2 Parameter Non-Spesifik Ekstrak

Pengujian parameter non-spesifik ekstrak dilakukan penetapan terhadap kadar abu total dan kadar air ekstrak. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas ekstrak umbi sarang semut hasil dari proses ekstraksi soxhletasi. Data yang dihasilkan dari penetapan kadar abu total dan kadar air ekstrak berupa nilai persentase dari kedua penetapan tersebut.

1. Penetapan Kadar Abu Total

Tujuan dari penetapan ini adalah untuk memberikan gambaran kandungan mineral internal dan eksternal yang berasal dari proses awal sampai terbentuk ekstrak. Berikut ini langkah-langkah untuk penetapan kadar abu total ekstrak :

- Menimbang seberat kurang lebih 1 gram untuk simplisia serbuk sarang semut dan ketiga sampel ekstrak ke dalam krus yang telah ditimbang.
- Memasukkan krus yang berisi sampel ke dalam *muffle furnace*, panaskan pada temperatur 625°C selama 5 jam.
- Mengeluarkan krus yang berisi sampel dan mendinginkannya, lalu menimbang berat abu hasil pemanasan.

Abu yang dihasilkan dari proses pemanasan ekstrak dihitung dengan rumus :

$$\% \text{Kadar Abu Total} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (3.2)$$

2. Penetapan Kadar Air Ekstrak

Tujuan dari penetapan kadar air ekstrak adalah untuk memberikan batasan minimal atau tentang besarnya kandungan air di dalam ekstrak. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melakukan penetapan kadar air ekstrak :

- Menimbang seberat kurang lebih 1 gram untuk simplisia serbuk sarang semut dan ketiga sampel ke dalam krus yang telah ditimbang.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



- Memasukkan krus yang berisi sampel ke dalam *muffle furnace*, panaskan pada temperatur 105°C selama 5 jam.
- Mengeluarkan krus yang berisi sampel dan mendinginkannya, lalu menimbang berat abu hasil pemanasan.

Kadar air ekstrak setelah penimbangan ekstrak hasil pemanasan dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \quad (3.3)$$



Gambar 3.9. *Muffle Furnace* untuk Penetapan Kadar Abu Total dan Kadar Air Ekstrak

3.3.4 Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian FTIR (*Fourier Transformer Infrared*) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat dalam ekstrak umbi sarang semut. Gugus fungsi kimia memberikan analisis ekstrak secara kualitatif dan mengindikasikan adanya senyawa yang akan diidentifikasi.



Sampel ekstrak umbi sarang semut dengan perbandingan komposisi bahan-pelarut 1:10, 1:15, dan 1:20 hasil ekstraksi soxhletasi diujikan dan dianalisis gugus fungsi dari senyawa flavonoid. Prinsip pengujian dari FTIR adalah berupa *infrared* yang melewati celah sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian, beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirimkan ke komputer berupa puncak-puncak panjang gelombang. Dari panjang gelombang tersebut, akan dapat diketahui gugus fungsi yang bersesuaian dengan panjang gelombang yang terekam pada masing-masing sampel. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.



Gambar 3.10. Alat Pengujian FTIR

3.3.5 Pengujian Kromatografi Lapis Tipis

Prinsip pengujian ini adalah melibatkan sifat fase diam dan sifat fase gerak. Fase gerak membawa zat terlarut melalui media, hingga terpisah dari zat terlarut lainnya, yang tereluasi lebih awal atau lebih akhir. Zat terlarut dibawa melewati media pemisah oleh aliran suatu pelarut berbentuk cairan atau gas yang disebut eluen. Fase diam dapat berupa serbuk halus dan dapat

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

bertindak sebagai sel penjerap. Fase diam untuk kromatografi lapis tipis juga mengandung substansi yang dapat berpendar dalam sinar ultraviolet 366 nm dan 254 nm. Fase diam yang digunakan adalah lapisan tipis Kiesel Gel GF 254. Fase geraknya menggunakan kloroform-metanol dengan perbandingan 9:1 dan penampak noda yang digunakan adalah FeCl_3 2%.



Gambar 3.11. Larutan FeCl_3 2%

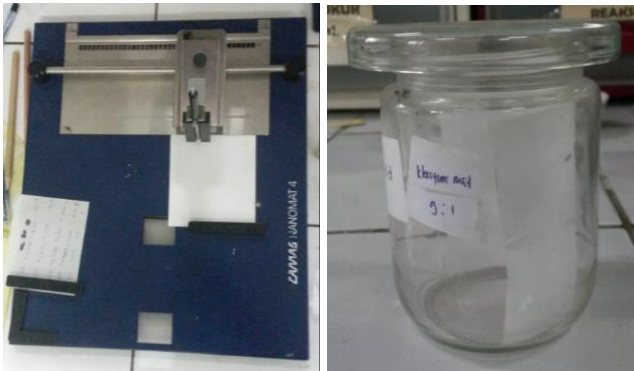
Larutan FeCl_3 2% merupakan penampak noda yang umum digunakan untuk skrinning fitokimia golongan senyawa flavonoid dengan metode pengujian KLT. Adanya golongan senyawa flavonoid pada ekstrak ditunjukkan dengan timbulnya noda berwarna coklat hingga kehitaman dengan penampak noda FeCl_3 2%.

Dari pengujian kromatografi lapis tipis yang dilakukan, didapatkan data pola kromatografi pada masing-masing sampel. Pengujian kromatografi lapis tipis untuk skrinning fitokimia golongan flavonoid dilakukan di Unit Layanan Pengujian Fakultas Farmasi Universitas Airlangga. Berikut ini langkah-



langkah pengujian Kromatografi Lapis Tipis untuk skrinning fitokimia golongan senyawa flavonoid :

- Melarutkan 0,2 gram sampel dengan pelarut etanol 96% menggunakan penggetar ultrasonik.
- Menotolkan ekstrak etanol pada pelat KLT sebanyak 25 μL .
- Mengelusi pelat KLT di dalam *chamber* yang telah berisi larutan kloroform-metanol dengan perbandingan 9:1.
- Mengeluarkan pelat KLT dari dalam *chamber*, kemudian mengeringkannya dengan cara diangin-anginkan.
- Mengamati perubahan warna penotolan pada pelat KLT di bawah sinar UV 254 nm dan 366 nm.
- Memberikan penotolan dengan penampak noda FeCl_3 , apabila hasil pengamatan sinar UV menghasilkan warna kemerahan.



Gambar 3.12. Alat Pengujian Kromatografi Lapis Tipis dan *Chamber* Eluen

3.3.6 Pengujian Spektrofotometri UV-Vis

Pengujian spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menganalisis kandungan total senyawa flavonoid pada ekstrak umbi sarang semut. Prinsip dari pengujian spektrofotometri UV-Vis ini adalah pengukuran daya serapan radiasi elektromagnet

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



pada sampel yang diujikan dengan panjang gelombang tertentu. Radiasi yang dihasilkan oleh alat ini berupa radiasi sinar ultraviolet. Metode pengujian dari alat spektrofotometer ultraviolet menggunakan standar AOAC Chapter 26. Pengujian dilakukan di Unit Layanan Pengujian Fakultas Farmasi Universitas Airlangga. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian menggunakan alat spektrofotometer ultraviolet :

1. Preparasi Sampel

- Menimbang 1 g ekstrak umbi sarang semut dan memasukkannya ke dalam labu alas bulat.
- Menambahkan 1 ml larutan 0,5% (b/v) hexamethylenetetramine, 20 ml aseton dan 2 ml 25% (b/v), refluks selama 2 jam sejak mendidih.
- Menyaring campuran menggunakan kapas ke dalam labu ukur 100 ml.
- Membilas kapas dengan aseton, menambahkan aseton sampai 100 ml, kocok hingga homogen.
- Memasukkan 20 ml filtrat ke dalam corong pisah, menambahkan 20 ml air.
- Menambahkan 15 ml etil asetat, kocok selama 10 menit, biarkan memisah dan ambil fase etil asetat.
- Melanjutkan ekstraksi sebanyak 3, kali masing-masing dengan 10 ml etil asetat.
- Menggabungkan fase asetat, cuci 2 kali masing-masing dengan 50 ml air.
- Memasukkan hasil ekstraksi ke dalam labu ukur 50 ml.
- Menambahkan etil asetat sampai garis tanda, kocok hingga homogen.

2. Penetapan Kadar

- Memasukkan 10 ml fraksi etil asetat ke dalam labu ukur 25 ml.
- Menambahkan 1 ml larutan AlCl_3 (2 g dalam 100 ml asam asetat glasial-metanol)



- Menambahkan asam asetat glasial-metanol sampai tanda batas volume.

3. Pembuatan Larutan Blangko

- Memasukkan 10 ml fraksi etil asetat ke dalam labu ukur 25 ml.
- Menambahkan asam asetat glasial-metanol sampai tanda batas volume.

4. Pengukuran

- Mendiamkan larutan sampel selama 30 menit, kemudian *scan* antara 300 – 500 nm.
- Mengukur absorbansi larutan pada λ maksimum.

Setelah dilakukan pengujian terhadap ekstrak umbi sarang semut, dilakukan perhitungan persentase flavonoid dengan rumus :

$$\% \text{ Flavonoid} = \text{Absorbansi sampel} \times 1,25/\text{g sampel} \quad (3.4)$$

Keterangan :

A = Absorbansi Sampel

g = berat kering sample dalam gram = $(100 - KA)\% \times W$

KA = susut pengeringan (% b/b)

W = berat sampel sesuai dengan penimbangan dalam gram



Gambar 3.13. Alat Pengujian Spektrofotometri UV-Vis



3.4 Rancangan Penelitian

Berikut ini adalah tabel rancangan penelitian agar penelitian lebih sistematis dan terarah.

Tabel 3.3. Rancangan Penelitian

Sampel Penelitian	Pengujian				
	Parameter Ekstrak		FTIR	KLT Skrinning Fitokimia	Spektrofotometri UV-Vis
	Spesifik	Non Spesifik			
Simplisia Sarang Semut	×	✓	×	×	×
Ekstrak Perbandingan 1:10	✓	✓	✓	✓	✓
Ekstrak Perbandingan 1:15	✓	✓	✓	✓	✓
Ekstrak Perbandingan 1:20	✓	✓	✓	✓	✓



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses ekstraksi dan pengujian ekstrak umbi sarang semut yang telah dilakukan, didapatkan hasil berupa data secara kualitatif dan kuantitatif. Data secara kuantitatif diperoleh dari pengujian Spekrtofotometri UV-Vis dan data kualitatif meliputi pengujian berupa Parameter Ekstrak, FTIR dan Kromatografi Lapis Tipis. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa flavonoid yang terdapat pada ekstrak umbi sarang semut. Senyawa flavonoid yang diidentifikasi dengan pengujian parameter ekstrak, menghasilkan data ekstrak secara obyektif, diantaranya data pengamatan bentuk, warna, dan bau dari ekstrak yang didapatkan. Pengujian FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang mengindikasikan adanya gugus fungsi dari senyawa flavonoid yang terdapat dalam ekstrak. Kromatografi Lapis Tipis dengan metode skrinning fitokimia untuk menganalisa secara kualitatif kandungan senyawa golongan flavonoid pada ekstrak umbi sarang semut. Pengujian spektrofotometri UV-Vis untuk menganalisis kandungan senyawa flavonoid secara kuantitatif.

4.1 Analisis Data dan Pembahasan

4.1.1 Ekstraksi Soxhletasi Umbi Sarang Semut

Proses ekstraksi umbi sarang semut yang akan diaplikasikan sebagai inhibitor organik menggunakan metode ekstraksi soxhletasi. Alat soxhlet yang digunakan pada proses penelitian ini memiliki kapasitas tabung wadah sampel sebesar 10 L. Material alat soxhlet menggunakan dua material stainless steel, yaitu SS 316 dan SS 308. SS 308 terdapat pada bagian wadah destilat, pipa F, sifon, dan tabung wadah sampel. SS 308 digunakan pada bagian pipa pendingin. Pembuatan alat soxhlet dilakukan dengan pengelasan, elektroda yang digunakan adalah elektroda SS 308. Metode soxhletasi ini terbagi menjadi tiga komponen penting, yaitu kompor pemanas lengkap dengan



thermocouple dan alat pengatur temperaturnya, alat soxhlet, dan wadah air beserta dengan pompa untuk mendinginkan bagian pipa pendingin.

Metode ekstraksi bahan organik ini dimulai dari preparasi simplisia umbi sarang semut. Umbi sarang semut sebanyak 1 kg dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari untuk mengurangi kandungan air atau *moisture*, kemudian pada siang hari penjemuran umbi sarang semut ditutup dengan kain agar tidak merusak kandungan senyawa aktif yang ada di dalamnya. Umbi sarang semut hasil penjemuran diblender dan diayak agar didapatkan simplisia umbi sarang semut dalam bentuk serbuk. Simplisia bentuk serbuk akan memudahkan proses penyarian senyawa aktif dari bahan organik karena luas permukaan yang kecil dari bahan akan mempercepat laju ekstraksi, sehingga senyawa aktif yang berada di dalamnya akan lebih cepat larut. Ukuran partikel yang lebih kecil akan memperbesar luas bidang interfisial antara fase padat dan fase cair, sehingga komponen bioaktif yang terkandung di dalam sarang semut terekstrak lebih banyak. Menurut Boma (1998), salah satu faktor yang mempengaruhi proses *leaching* adalah ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel menyebabkan luas permukaan menjadi semakin besar sehingga kecepatan pelarut yang berdifusi masuk ke dalam partikel bertambah besar.

Proses ekstraksi umbi sarang semut dilakukan sebanyak 3 variasi komposisi bahan-pelarut dengan masing-masing perbandingan 1:10, 1:15, dan 1:20. Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran antara aseton dan akuades dengan perbandingan 7:3. Pemilihan pelarut campuran antara aseton dan akuades disebabkan titik didihnya yang relatif rendah dan mudah menguap selama proses ekstraksi soxhletasi. Pelarut dengan titik didih rendah dan mudah menguap merupakan salah satu syarat bagi pelarut untuk mengekstrak bahan organik menggunakan alat soxhlet. Selain itu, sifat polar pelarut aseton dan akuades akan mempermudah proses penyarian senyawa flavonoid yang terkandung dalam simplisia serbuk umbi sarang semut

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



dikarenakan senyawa flavonoid yang juga bersifat polar. Menurut Chebil *et. al* (2007) aseton merupakan pelarut yang paling baik untuk melarutkan flavonoid, terutama untuk senyawa kuersetin dari golongan flavonol.

Simplisia serbuk umbi sarang semut yang akan diekstraksi sebanyak 100 gram pada masing-masing perbandingan antara bahan dan pelarut. Proses ekstraksi soxhletasi dilakukan dengan mencampurkan 100 gram simplisia serbuk umbi sarang dan campuran pelarut aseton-akuades. Pada variasi bahan-pelarut yang pertama, sebanyak 100 gram simplisia serbuk umbi sarang semut dicampurkan dengan 1000 mL pelarut campuran, kemudian variasi kedua 100 gram simplisia dicampurkan dengan 1500 mL, dan variasi ketiga 100 gram simplisia dicampurkan dengan 2000 mL. Campuran antara bahan dan pelarut tersebut dimasukkan ke dalam wadah soxhlet dan diaduk secara perlahan, kemudian alat soxhlet dirangkai dan diatur temperatur pemanasan selama proses ekstraksi melalui sebesar 50°C untuk masing-masing variasi perbandingan komposisi bahan-pelarut. Aplikasi temperatur ekstraksi sebesar 50°C untuk menghindari rusak dan terurainya komponen senyawa aktif yang terdapat pada bahan karena bersifat termolabil. Ketika proses ekstraksi berlangsung, dapat diketahui dengan adanya tetesan pelarut pada pipa kecil pada wadah destilat. Untuk mengetahui proses ekstraksi soxhletasi telah selesai, dapat diamati dengan sudah tidak adanya pelarut yang menetes bagian pipa kecil pada wadah destilat.

Setelah proses ekstraksi soxhletasi selesai, dihasilkan ekstrak cair umbi sarang semut. Kemudian, ekstrak didinginkan, disaring, dan diukur volumenya.

Berdasarkan data tabel di atas, pada perbandingan bahan-pelarut 1:10 didapatkan volume ekstrak cair umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi sebesar 300 mL dan waktu ekstraksi selama 2 jam 7 menit. Untuk perbandingan bahan-pelarut 1:15 didapatkan volume ekstrak cair sebesar 770 mL dan waktu ekstraksi selama 2 jam 12 menit. Dan perbandingan bahan-pelarut 1:20 didapatkan volume ekstrak cair sebesar 990 mL dan lama



waktu ekstraksi selama 2 jam 9 menit. Dari masing-masing perbandingan bahan-pelarut, lama waktu ekstraksi tercepat di antara ketiganya adalah pada perbandingan 1:10, tetapi lama waktu proses ekstraksi pada masing-masing variasi perbandingan komposisi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Untuk rata-rata lama waktu proses ekstraksi soxhletasi umbi sarang semut selama 2 jam 9,3 menit.

Penggunaan metode ekstraksi soxhletasi membutuhkan waktu yang lebih cepat dan kapasitas antara bahan dan pelarut yang lebih banyak dibandingkan proses ekstraksi maserasi. Proses ekstraksi bahan organik dengan cara panas lebih efektif dalam segi efisiensi waktu, tetapi dalam prosesnya dibutuhkan jenis pelarut yang mudah menguap atau temperatur titik didihnya yang rendah.

Soxhletasi merupakan salah satu metode berdasarkan jenis sampelnya, yaitu ekstraksi padat cair. Metode ekstraksi soxhletasi menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dilakukan dengan alat khusus, sehingga terjadi ekstraksi kontinu dengan jumlah pelarut yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik. Proses ekstraksi bahan alam dipengaruhi oleh temperatur, ukuran partikel, jenis pelarut, waktu ekstraksi, dan metode ekstraksi. Metode ekstraksi soxhletasi merupakan suatu metode dengan pemanasan, pelarut yang digunakan akan mengalami sirkulasi, dibandingkan dengan cara maserasi, ekstraksi soxhletasi memberikan hasil ekstrak yang lebih tinggi (Irianty dkk., 2012). Pambayun *et al.* (2007) menyatakan bahwa ekstraksi dengan soxhlet memberikan hasil ekstrak yang lebih tinggi karena pada cara ini digunakan pemanasan yang diduga memperbaiki kelarutan ekstrak.

4.1.2 Hasil Rendemen Ekstrak

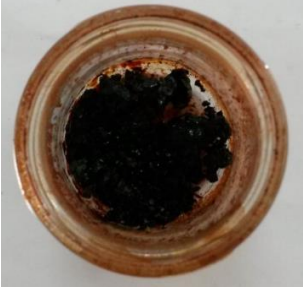
Ekstrak cair umbi sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi dipekatkan menggunakan alat *rotary evaporator* dengan temperatur penangas air sebesar 60°C. Tujuan dari pemekatan ekstrak cair umbi sarang semut adalah untuk





memisahkan dan menghilangkan sisa pelarut yang terdapat di dalam ekstrak, sehingga didapatkan ekstrak kental. Pada alat ini terdapat pompa vakum yang berfungsi sebagai penurun tekanan selama proses pemekatan ekstrak. Penurunan tekanan tersebut akan menurunkan titik didih pelarut sisa, sehingga tidak membutuhkan temperatur yang tinggi untuk menguapkannya. Setelah didapatkan ekstrak kental umbi sarang semut, kemudian dilakukan pengeringan ekstrak dengan cara diangin-anginkan. Cara pemekatan dan pengeringan dilakukan agar diperoleh kualitas hasil ekstrak kering yang lebih baik dan murni. Apabila masih tersisa pelarut dalam ekstrak, dikhawatirkan akan mempengaruhi tahap pengujian selanjutnya.

Selain memperoleh kualitas ekstrak yang murni, ekstrak kering dari umbi sarang semut akan mempermudah untuk menghitung nilai persentase rendemen untuk ketiga sampel. Ketiga sampel ekstrak umbi sarang semut yang diperoleh dari proses pemekatan dan pengeringan ekstrak dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Ekstrak Umbi Sarang Semut setelah Dipekatkan dan Dikeringkan

No	Perbandingan Bahan-Pelarut	Hasil Ekstrak
1	1 : 10	



2	1 : 15	
3	1 : 20	

Ekstrak padat umbi sarang semut yang diperoleh, kemudian dihitung nilai persentase rendemennya. Nilai rendemen ekstrak dihitung dengan berat ekstrak yang dihasilkan dibagi dengan berat awal dari simplisia yang diekstrak. Nilai rendemen ekstrak umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

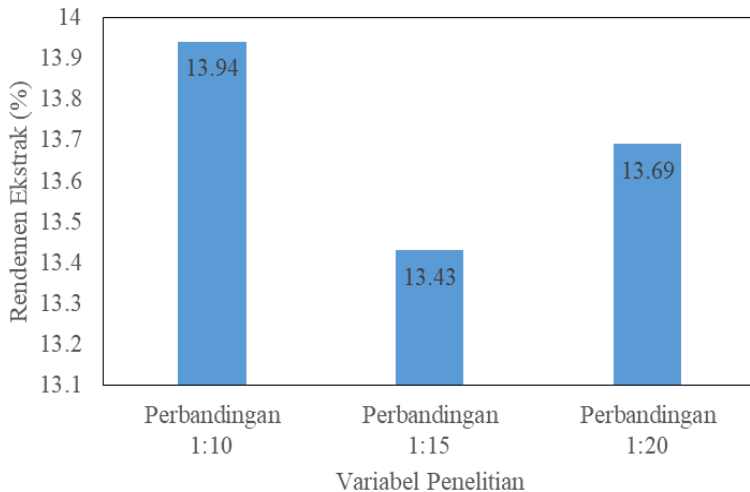
Tabel 4.2. Hasil Rendemen Ekstrak Hasil Soxhletasi

No.	Perbandingan Bahan-Pelarut	Berat Awal Simplisia (gram)	Berat Ekstrak Hasil Ekstraksi (gram)	Nilai Rendemen (%)
1	1 : 10	100	13,943	13,943
2	1 : 15	100	13,432	13,432
3	1 : 20	100	13,693	13,693

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Berdasarkan Tabel 4.2, hasil perhitungan nilai rendemen pada masing-masing variasi perbandingan bahan pelarut diperoleh kecenderungan hasil yang bersifat fluktuatif. Dari 100 gram berat awal simplisia yang diekstrak, menghasilkan nilai rendemen sebesar 13,943% pada perbandingan 1:10, 13,432% pada perbandingan 1:15, dan 13,693% pada perbandingan 1:20.



Gambar 4.1. Grafik Nilai Rendemen Ekstrak

Nilai fluktuatif dari rendemen ditunjukkan pada rentang ketiga variasi perbandingan bahan-pelarut, penurunan nilai rendemen ekstrak terjadi pada perbandingan 1:15 dan kemudian mengalami kenaikan tidak terlalu signifikan pada perbandingan 1:20. Nilai rendemen ekstrak menunjukkan kemampuan pelarut dalam melarutkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam simplisia serbuk. Pada penelitian ini, nilai rendemen dari ekstrak umbi sarang semut dipengaruhi oleh volume pelarut dan tidak bergantung pada jumlah simplisia yang digunakan untuk mengekstrak simplisia serbuk umbi sarang semut.

Titik optimal tercapai pada perbandingan bahan-pelarut 1:10 atau volume pelarut 1000 mL, sehingga penambahan jumlah



pelarut lebih dari 1000 mL tidak lagi efektif untuk meningkatkan berat ekstrak umbi sarang semut yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Yulianti (2014) menegaskan bahwa komponen-komponen yang terdapat dalam bahan jumlahnya terbatas dan pelarut yang digunakan mempunyai batas kemampuan untuk melarutkan bahan yang ada. Dengan kata lain, hal tersebut merupakan batas optimal dari kelarutan campuran pelarut aseton-akuades.

Selain batas kelarutan dari campuran pelarut aseton-akuades, temperatur selama proses ekstraksi soxhletasi juga mempengaruhi hasil ekstrak yang diperoleh. Hal penelitian ini didukung oleh penelitian Hernawati (2008) yang menyatakan bahwa penggunaan temperatur yang sesuai akan menghasilkan konsentrat dengan konsentrasi yang diinginkan, bahkan tanpa dipengaruhi perbedaan jumlah pelarut yang besar.

4.1.3 Pengujian Parameter Ekstrak

4.1.3.1 Parameter Spesifik Ekstrak

Pengujian parameter spesifik ekstrak yang dilakukan meliputi parameter identitas dan organoleptik dari ekstrak umbi sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi. Pengujian ini sangat sederhana, karena hanya mengamati sampel secara visual dan indentifikasi yang bersifat obyektif, serta tidak membutuhkan peralatan khusus.

1. Hasil Identitas Ekstrak

Tujuan dari pengujian identitas parameter spesifik ekstrak, yaitu untuk memberikan identitas obyektif dari nama ekstrak, nama latin tumbuhan, bagian tumbuhan yang digunakan, nama Indonesia tumbuhan dan senyawa identitas yang akan diidentifikasi. Hasil parameter spesifik identitas ekstrak umbi sarang semut untuk hasil proses ekstraksi soxhletasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Tabel 4.3. Identitas Ekstrak Aseton-Akuades Umbi Sarang Semut

No.	Identitas	Hasil Ekstraksi Soxhletasi
1	Nama Ekstrak	Ekstrak Aseton-Akuades Umbi Sarang Semut
2	Nama Latin	<i>Myrmecodia pendans</i>
3	Bagian Tumbuhan	Umbi
4	Nama Indonesia	Umbi Sarang Semut
5	Senyawa Identitas	Flavonoid

Identitas ekstrak yang diperoleh dari proses ekstraksi soxhletasi dari ketiga variasi perbandingan bahan-pelarut memiliki nama, yaitu ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut. Bagian tumbuhan yang dijadikan simplisia serbuk dan diekstraksi adalah bagian umbi dari tumbuhan sarang semut (nama Indonesia) dan nama latin *Myrmecodia pendans*. Senyawa identitas yang akan diteliti lebih lanjut secara kualitatif dan kuantitatif dari ekstrak umbi sarang semut adalah senyawa flavonoid, karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adam (2010) ekstrak umbi sarang semut memiliki delapan jenis senyawa flavonoid.

2. Hasil Organoleptik Ekstrak

Parameter spesifik organoleptik ekstrak bertujuan sebagai pengenalan awal yang sederhana dan seobyektif mungkin menggunakan panca indra dengan mendeskripsikan bentuk, warna, dan bau dari ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi. Hasil parameter organoleptik ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Organoleptik Ekstrak Aseton-Akuades Umbi Sarang Semut

No.	Perbandingan Bahan-Pelarut	Organoleptik		
		Bentuk	Warna	Bau
1	1 : 10	Padat dan kering	Coklat kehitaman	Khas



2	1 : 15	Padat dan kering	Coklat kehitaman	Khas
3	1 : 20	Padat dan kering	Coklat kehitaman	Khas

Ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut hasil proses ekstraksi soxhletasi menunjukkan bahwa pada masing-masing perbandingan bahan-pelarut memiliki parameter spesifik organoleptik yang sama, baik dari bentuk, warna, dan bau. Secara keseluruhan, variasi perbandingan pelarut-bahan 1:10, 1:15, dan 1:20 memiliki bentuk ekstrak yang padat dan kering, berwarna coklat kehitaman, dan berbau khas.

4.1.3.2 Parameter Non-Spesifik Ekstrak

Pengujian parameter non spesifik ekstrak, meliputi penetapan kadar abu total dan kadar air untuk sebelum dan sesudah dilakukannya proses ekstraksi soxhletasi pada bahan umbi sarang semut. Kadar abu total dan kadar air ekstrak merupakan standar yang digunakan untuk menentukan kualitas dari simplisia dan ekstrak yang dihasilkan. Apabila simplisia yang digunakan sebagai bahan yang akan diekstraksi tidak memenuhi salah satu atau kedua parameter tersebut, maka diperlukan suatu perlakuan khusus untuk meningkatkan kualitas dari bahan yang akan diekstraksi, seperti melakukan sortasi dan pengeringan simplisia.

1. Hasil Penetapan Kadar Abu Total

Pada pengujian parameter non-spesifik, simplisia serbuk dan ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut dilakukan penetapan kadar abu total. Penetapan kadar abu total pada simplisia dan ketiga sampel ekstrak, dilakukan untuk mengetahui kadar abu sebelum dan sesudah proses ekstraksi. Ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut dipanaskan pada temperatur 625°C, pemanasan tersebut dilakukan untuk merusak senyawa organik pada ekstrak sehingga tersisa unsur mineral dan anorganik saja dalam abu. Abu yang dihasilkan merupakan zat anorganik sisa

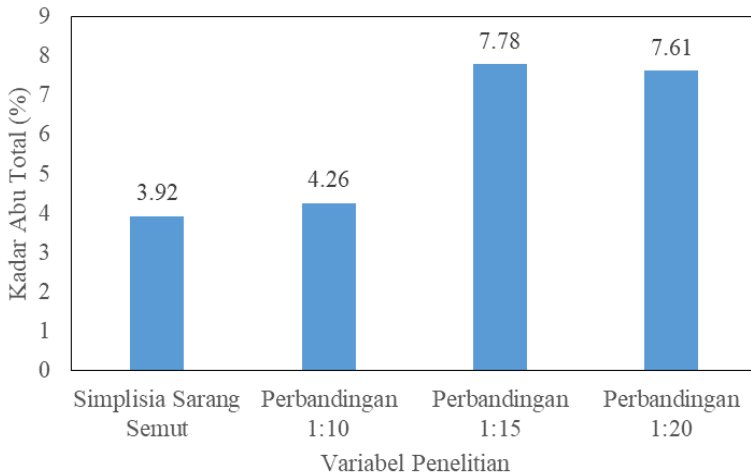


hasil pembakaran dari bahan organik. Penetapan kadar abu total bertujuan untuk memberikan gambaran kandungan mineral internal dan eksternal yang berasal dari proses awal sampai terbentuknya ekstrak (Depkes RI, 2000). Hasil penetapan kadar abu total dari ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Kadar Abu Total Simplisia dan Ekstrak

No	Nama Sampel	Berat Cawan Kosong (gram)	Berat Sampel (gram)	Berat Cawan+Ekstrak Setelah Pemanasan (gram)	Berat Abu (gram)	Kadar Abu Total (%)
1	Simplisia Sarang Semut	13,2292	1,0005	13,2297	0,0392	3,92
2	Perbandingan 1 : 10	13,2208	1,0004	13,2634	0,0426	4,26
3	Perbandingan 1 : 15	13,1068	1,0004	13,1847	0,0778	7,78
4	Perbandingan 1 : 20	13,1756	1,0003	13,2517	0,0761	7,61

Nilai persentase kadar abu total dari simplisia serbuk sarang semut dan ketiga sampel ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut yang dihasilkan dari proses ekstraksi soxhletasi. Pada simplisia serbuk sarang semut diperoleh nilai kadar abu total sebesar 3,92%, perbandingan bahan-pelarut 1:10 sebesar 4,26%, kemudian naik pada perbandingan 1:15 sebesar 7,78%, dan menurun pada perbandingan 1:20 sebesar 7,61%. Dari penelitian yang dilakukan oleh Subroto dan Saputro (2008), standar kadar abu total dari ekstrak umbi sarang semut tidak lebih dari 11,13 g/100g atau sebesar 11,13%. Ketiga sampel pada penelitian ini telah memenuhi standar kadar abu total, yaitu kurang dari 11,13%.



Gambar 4.2. Grafik Kadar Abu Total dari Simplisia dan Ekstrak Umbi Sarang Semut

Berdasarkan penetapan kadar abu total dari ketiga sampel ekstrak, simplisia serbuk memiliki persentase kadar abu total sebesar 3,92%. Sedangkan, pada sampel ekstrak dengan perbandingan bahan-pelarut 1:10 menunjukkan persentase kadar abu total yang terkecil, yaitu sebesar 4,26%. Perbandingan bahan-pelarut 1:15 menunjukkan persentase kadar abu total terbesar, yaitu sebesar 7,78%. Gambar 4.2 grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan kadar abu total dari simplisia serbuk menjadi ekstrak, dan adanya kecenderungan yang bersifat fluktuatif pada ketiga sampel ekstrak setelah dilakukan proses ekstraksi.

Kadar abu menunjukkan adanya oksida logam dan mineral dari suatu ekstrak hasil proses pembakaran senyawa organik yang terdapat dalam simplisia serbuk dan sampel ekstrak setelah dilakukan pemanasan ekstrak pada temperatur 625°C selama 5 jam. Rendahnya persentase kadar abu total simplisia serbuk disebabkan karena simplisia belum mengalami pencampuran dengan pelarut dan proses ekstraksi. Adanya

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



peningkatan kadar abu total yang signifikan antara perbandingan 1:10 dan 1:15. Akan tetapi, kadar abu total antara simplisia serbuk sarang semut dengan perbandingan bahan-pelarut 1:10. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses ekstraksi umbi sarang semut pada perbandingan 1:10, pelarut secara optimal menyari senyawa yang diinginkan.

Dalam penelitian ini kadar abu merupakan faktor penentu kualitas dari ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut. Semakin rendah nilai persentase kadar abu total, maka semakin rendah senyawa anorganik atau oksida logam dan mineral yang terkandung dalam ekstrak. Dengan kata lain, rendahnya nilai persentase kadar abu total menginterpretasikan kualitas ekstrak yang baik.

2. Hasil Penetapan Kadar Air Ekstrak

Penetapan kadar air merupakan bagian dari pengujian parameter non-spesifik ekstrak. Penetapan ini dilakukan dengan menimbang kurang lebih sebanyak 1 gram untuk masing-masing ekstrak pada krus yang telah ditimbang beratnya. Setelah penimbangan, ketiga sampel ekstrak dimasukkan ke dalam *muffle furnace* dan dipanaskan pada temperatur 105°C selama 5 jam. Pemanasan tersebut dilakukan untuk menguapkan kadar air yang terdapat di dalam ekstrak kering umbi sarang semut. Ekstrak hasil pemanasan kemudian ditimbang berat akhirnya.

Tujuan dari penetapan kadar air ekstrak adalah untuk memberikan batasan minimal atau tentang besarnya kandungan air di dalam ekstrak. Kandungan air berkaitan dengan proses penyimpanan ekstrak setelah dilakukannya proses ekstraksi.

Tabel 4.6. Hasil Kadar Air Simplisia dan Ekstrak

No.	Nama Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kadar Air (%)
1	Simplisia Sarang Semut	1,0003	0,9848	1,55

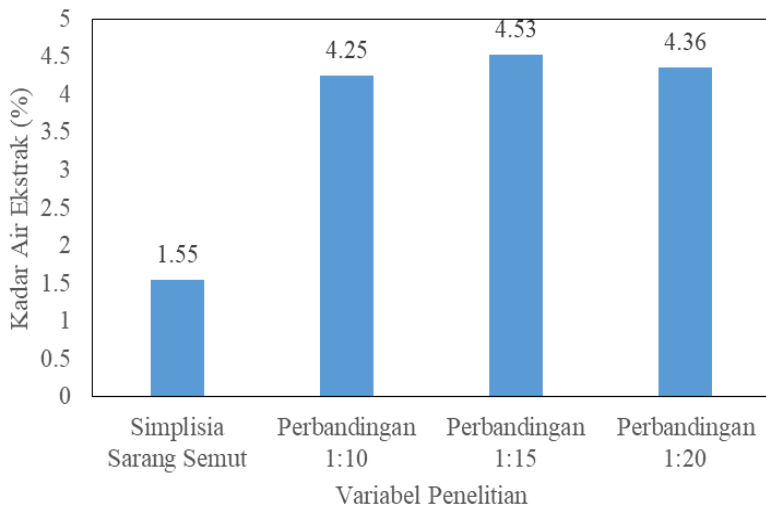


2	Perbandingan 1 : 10	1,0004	0,9579	4,25
3	Perbandingan 1 : 15	1,0005	0,9552	4,53
4	Perbandingan 1 : 20	1,0002	0,9566	4,36

Tabel 4.6 menunjukkan kadar air pada masing-masing sampel yang meliputi simplisia sarang semut dan ekstrak dengan perbandingan bahan-pelarut. Pada simplisia sarang semut memiliki persentase kadar air sebesar 1,55%, perbandingan 1:10 memiliki persentase kadar air ekstrak sebesar 4,25%, perbandingan 1:15 memiliki persentase kadar air ekstrak sebesar 4,53%, dan perbandingan 1:20 memiliki persentase kadar air ekstrak sebesar 4,36%. Dari ketiga sampel ekstrak menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan dan penurunan persentase kadar air. Kenaikan persentase ditunjukkan pada ekstrak dengan perbandingan bahan-pelarut 1:15 dan mengalami penurunan pada perbandingan 1:20.

Simplisia serbuk umbi sarang semut yang digunakan dalam proses ekstraksi memiliki persentase kadar air yang sangat rendah, yaitu sebesar 1,55%. Hal tersebut menjadikan simplisia serbuk dari umbi sarang semut layak untuk dilakukan proses ekstraksi dan telah sesuai dengan standar kadar air simplisia yang dijelaskan menurut Depkes RI (1995), bahwa simplisia dinilai cukup aman bila mempunyai kadar air kurang dari 10%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Subroto dan Saputro (2008), standar untuk nilai kadar air ekstrak umbi sarang semut tidak melebihi 4,54 g/100g atau 4,54%. Ketiga sampel ekstrak dengan perbandingan 1:10, 1:15, dan 1:20 memiliki nilai kadar air kurang dari 4,54%. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi telah memenuhi standar untuk kadar air.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.3. Grafik Hasil Penetapan Kadar Air Simplisia dan Ekstrak Umbi Sarang Semut

Grafik pada Gambar 4.3 menunjukkan kenaikan kadar air ketika sebelum diekstraksi sebesar 1,55%, kemudian meningkat menjadi 4,25% pada perbandingan 1:10 hingga mencapai puncak tertinggi pada perbandingan 1:15 dengan persentase sebesar 4,53%. Setelah perbandingan 1:15, kadar air turun menjadi 4,36% pada perbandingan 1:20, sehingga grafik menunjukkan *trend* yang bersifat fluktuatif. Terdapat peningkatan kadar air dari sebelum hingga setelah dilakukannya proses ekstraksi. Peningkatan kadar air ekstrak tersebut disebabkan oleh adanya sedikit sisa pelarut akuades setelah dilakukannya pemekatan ekstrak menggunakan alat *rotary evaporator*, walaupun secara organoleptik ekstrak memiliki bentuk padat dan kering. Menurut Depkes RI (1995) standar umum untuk ekstrak kering sebaiknya memiliki kandungan lembab tidak lebih dari 5%., sehingga hasil penetapan kadar air pada penelitian ini juga telah memenuhi standar dari Depkes RI.



Nilai kadar air ekstrak terendah ditunjukkan pada perbandingan bahan-pelarut 1:10, yaitu sebesar 4,25%. Nilai kadar air tertinggi pada perbandingan 1:15, yaitu sebesar 4,53%. Kadar air merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan kualitas dari suatu ekstrak bahan organik. Kadar air juga menentukan daya tahan ekstrak selama proses penyimpanan. Menurut penelitian Pardede dkk. (2013), produk yang mempunyai kadar air tinggi lebih mudah rusak karena produk tersebut dapat menjadi media kondusif bagi pertumbuhan mikroorganisme. Produk dengan kadar air rendah relatif lebih stabil dalam penyimpanan jangka panjang daripada produk yang berkadar air tinggi.

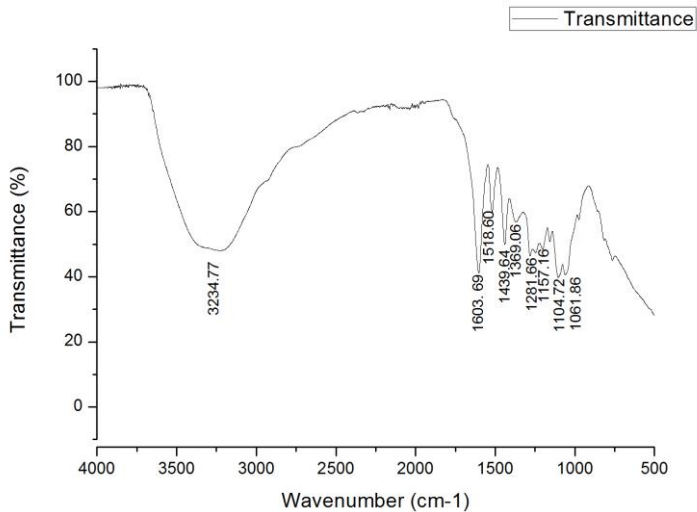
4.1.4 Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia dari senyawa golongan flavonoid pada ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut. Prinsip pengujian FTIR menggunakan *infrared* yang melewati celah sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor. Data yang dihasilkan berupa grafik intensitas dan bilangan gelombang yang terbentuk pada spektrum inframerah, kemudian dibandingkan dengan menggunakan tabel korelasi gugus kimia pembanding.

Sampel yang diujikan pada pengujian FTIR ini adalah ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut hasil metode ekstraksi soxhletasi dengan variasi perbandingan komposisi pelarut-bahan 1:10, 1:15, dan 1:20. Dari ketiga sampel tersebut, diperoleh data puncak-puncak panjang gelombang yang akan dianalisis dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ekstraksi maserasi. Berikut ini adalah tabel dan gambar grafik hasil pengujian FTIR untuk ekstrak umbi sarang semut



dengan masing-masing perbandingan komposisi bahan-pelarut 1:10, 1:15, dan 1:20.



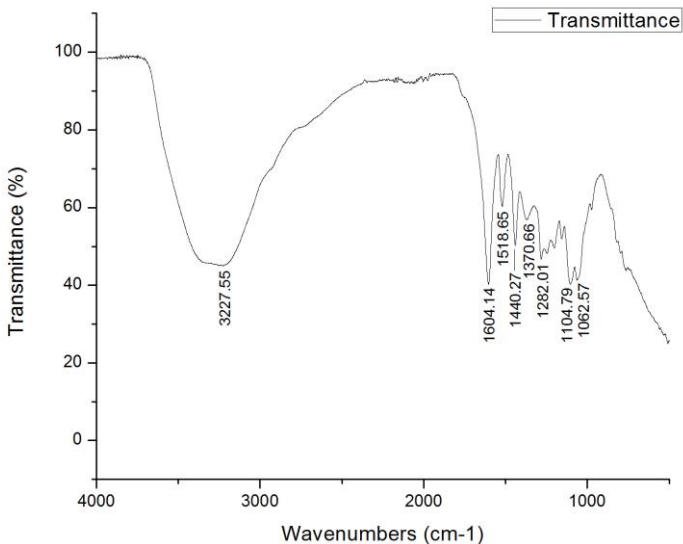
Gambar 4.4. Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:10

Tabel 4.7. Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut dengan Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:10

No	Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
1	3234.77	O – H	Fenol, alkohol ikatan hidrogen, monomer alkohol	Berubah-ubah, terkadang melebar
2	1603.69	C = C	Alkena	Berubah-ubah
		CO	β-diketon	
3	1518.60	C = C	Cincin Aromatik	Berubah-ubah
4	1439.64	C – H	Alkana	Kuat
		-C-NO ₂	Nitro Aromatik	
5	1369.08	NO ₂	Nitro	Kuat



6	1281.66	C – N	Amida, Amina	Kuat
7	1157.16	C - O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	Kuat
8	1104.72			
9	1061.86			



Gambar 4.5. Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:15

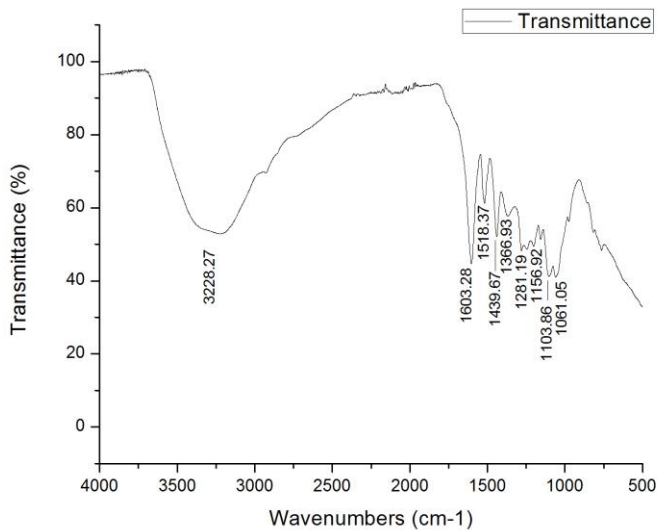
Tabel 4.8. Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:15

No	Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
1	3227.55	O – H	Fenol, alkohol ikatan hidrogen, monomer alkohol	Berubah-ubah, terkadang melebar
2	1604.14	C = C	Alkena	Berubah-ubah
		CO	β-diketon	
3	1518.65	C = C	Cincin Aromatik	Berubah-ubah

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



4	1440.67	C – H	Alkana	Kuat
		-C-NO ₂	Nitro Aromatik	
5	1370.66			
6	1282.01	C – N	Amida, Amina	Kuat
			Alkohol, Eter,	
7	1104.79	C - O	Asam	Kuat
8	1062.57		Karboksilat, Ester	



Gambar 4.6. Grafik Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut untuk Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:20

Tabel 4.9. Hasil Pengujian FTIR Ekstrak Umbi Sarang Semut dengan Perbandingan Komposisi Bahan Pelarut 1:20

No	Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
1	3228.27	O – H	Fenol, alkohol ikatan hidrogen, monomer alkohol	Berubah-ubah, terkadang melebar



2	1603.28	C = C	Alkena	Berubah-ubah
		CO	β -diketon	
3	1518.37	C = C	Cincin Aromatik	Berubah-ubah
4	1439.67	C – H	Alkana	Kuat
		-C-NO ₂	Nitro Aromatik	
5	1366.93	NO ₂	Nitro	Kuat
6	1281.19	C – N	Amida, Amina	Kuat
		C - O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	Kuat
7	1156.92			
8	1103.86			
9	1061.05			

Berdasarkan data grafik tabel di atas, hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa ekstrak umbi sarang semut memiliki berbagai gugus fungsi kimia. Terdapat sembilan gugus fungsi kimia pada perbandingan komposisi 1:10 dan 1:20, di antaranya gugus fungsi O – H (Fenol, alkohol ikatan hidrogen, monomer alkohol) dengan intensitas berubah-ubah dan terkadang melebar, C = C (Alkena) dengan intensitas berubah-ubah, CO (β -diketon), C = C (Cincin Aromatik) dengan intensitas berubah-ubah, C – H (Alkana) dengan intensitas kuat, -C-NO₂ (Nitro Aromatik), NO₂ dengan intensitas kuat, C – N (Amida, Amina) dengan intensitas kuat, dan C – O (Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester). Sedangkan pada perbandingan 1:15 hanya terdapat delapan gugus fungsi kimia hasil pengujian FTIR. Gugus fungsi yang tidak terdapat pada ekstrak dengan perbandingan 1:15 adalah NO₂ (Nitro). Dengan kata lain, ekstrak dengan perbandingan 1:15 mengalami penurunan hasil pengujian yang dapat disebabkan oleh kualitas ekstrak yang diperoleh.

Gugus fungsi kimia O – H, C = C (Alkena), C = C (Cincin Aromatik), C – H, NO₂, C – O, dan N – H merupakan gugus fungsi dari suatu golongan senyawa flavonoid yang terkandung dalam ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut. Hasil ini didukung oleh penelitian Yuslinur (2014) bahwa ekstrak sarang semut memiliki gugus fungsi C – H, C – O, C = C, N – H, NO₂ dan O – H yang merupakan suatu jenis golongan senyawa

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



flavonoid. Menurut Siagian (2010), senyawa organik yang dapat berfungsi sebagai inhibitor harus mempunyai grup hidrokarbon yang bersifat hidrofobik dan pada salah satu ujung rantai ikatannya harus bersifat hidrofilik seperti N, O, OH, S dan NH₂. Maka rantai ikatan inilah yang akan menjadi penghalang bagi lingkungan korosif untuk kontak langsung dengan logam.

Gugus fungsi Alkana C – C dan Alkena C = C memiliki sifat hidrofobik sehingga dapat menjadi penghalang reaksi antara logam dengan larutan elektrolit. Selain itu, gugus fungsi Amina dan Amida (N – H); Fenol dan Alkohol ikatan hidrogen (O – H) merupakan gugus fungsi yang bersifat hidrofilik. Sedangkan, gugus fungsi C – O untuk Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, dan Ester memiliki sifat adsorpsi. Gugus fungsi senyawa tersebut diharapkan mengalami proses adsorpsi ke permukaan logam sehingga logam terproteksi dari serangan korosi yang berasal dari lingkungannya. Ketiga sifat dari gugus fungsi tersebut, mengungkapkan bahwa ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi.

4.1.5 Pengujian Kromatografi Lapis Tipis

Pengujian kromatografi lapis tipis bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa flavonoid pada ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut secara kualitatif. Pengujian ini menggunakan 3 sampel ekstrak kering dengan variasi perbandingan bahan-pelarut 1:10, 1:15, dan 1:20. Prosedur pengujian dilakukan dengan melarutkan sampel ekstrak sebanyak 0,2 gram dalam 10 mL etanol 96% menggunakan penggetar ultrasonik. Fase diam yang digunakan berupa lapisan tipis Kiesel Gel GF 254, fase gerak kloroform-metanol (9:1), dan penampak noda FeCl₃ 2%, UV 366 nm dan 254 nm. Ekstrak etanol ditotolkan pada pelat KLT sebanyak 25 µL, kemudian diuji kromatografi lapis tipis dengan mengelusi pelat KLT di dalam *chamber*. Setelah dielusi, pelat KLT dikeringkan dengan cara didiamkan, kemudian diamati di bawah sinar UV dengan panjang gelombang 366 nm dan 254 nm, serta ditotolkan penampak noda FeCl₃.



Hasil pengujian skrining senyawa golongan flavonoid menggunakan metode kromatografi lapis tipis untuk dapat dilihat pada Gambar 4.7.



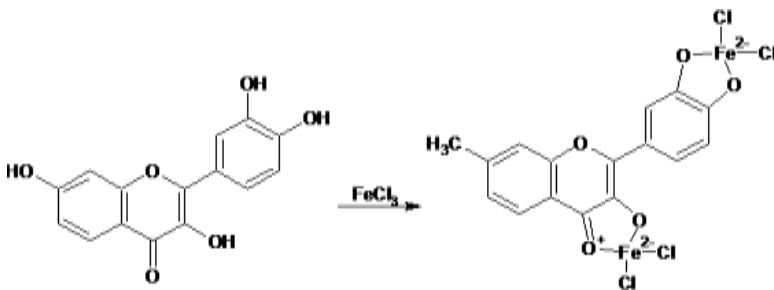
Gambar 4.7. Hasil Pengujian Kromatografi Lapis Tipis. (a) Pola Kromatografi Ekstrak dengan Perbandingan 1:10. (b) Pola Kromatografi Ekstrak dengan Perbandingan 1:15. (c) Pola Kromatografi Ekstrak dengan Perbandingan 1:20.

Kiesel Gel GF 254 merupakan fase diam yang digunakan pada pengujian ini. Sifat dari fase diam tersebut adalah polar, Fase gerak kloroform-metanol (9:1) bersifat non-polar. Pada hasil pengujian ini terjadi pemisahan senyawa pada pelat KLT, pemisahan tersebut terjadi pada senyawa yang bersifat non-polar. Hal tersebut disebabkan oleh fase gerak kloroform-metanol (9:1) yang bersifat non-polar, sehingga dapat berikatan dengan senyawa non-polar yang terkandung dalam ekstrak umbi sarang

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

semut dan terpisah dari titik awal penotolan. Senyawa flavonoid yang bersifat polar tidak mengalami pergeseran atau pemisahan pada pelat KLT disebabkan oleh fase gerak yang bersifat non-polar.

Berdasarkan Gambar 4.4, ketiga perbandingan sampel ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut menunjukkan hasil positif adanya senyawa golongan flavonoid. Setelah diberikan penampak noda FeCl_3 , ketiga sampel ekstrak menampilkan warna kehitaman. Perubahan warna hitam sebagai pembentukan senyawa kompleks yang terbentuk dari reaksi antara senyawa flavonoid dan FeCl_3 , dengan reaksi sebagai berikut :



Flavonoid Kompleks Flavonoid-FeCl₃
Gambar 4.8. Reaksi Senyawa Kompleks Flavonoid-FeCl₃

Indikasi perubahan warna menjadi kehitaman untuk senyawa golongan flavonoid setelah diberikan penampak noda FeCl_3 dilaporkan Sunaringtyas dkk. (2014), mengungkapkan bahwa uji reaksi warna dengan FeCl_3 terbentuk warna hitam. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Youstiana (2016), hasil ekstrak yang direaksikan dengan FeCl_3 menghasilkan warna kehitaman dan mengindikasikan adanya senyawa golongan flavonoid, yaitu flavonol.

Senyawa flavonoid memiliki gugus fungsi yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik, sehingga dapat dipastikan bahwa senyawa tersebut dapat menjadi inhibitor korosi yang baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sasza (2014), inhibitor



ekstrak sarang semut yang diujikan pada material baja API 5L dan AISI 1010 di lingkungan media NaCl 3,5% memiliki mekanisme inhibisi adsorpsi. Inhibitor akan teradsorpsi dengan membentuk gugus aromatik pada permukaan logam. Gugus fungsi yang bersifat hidrofobik ($C=C$ dan $C-H$) akan cenderung menolak ion-ion air yang akan bereaksi dengan logam. Sedangkan gugus fungsi yang bersifat hidrofilik ($N-O$ dan $O-H$) akan cenderung menangkap ion-ion yang tidak diinginkan tersebut sehingga tidak bereaksi dengan logam.

4.1.6 Pengujian Spektrofotometri UV-Vis

Pengujian spektrofotometri UV-Vis bertujuan untuk menganalisis senyawa flavonoid yang terdapat pada sampel ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut hasil ekstraksi soxhletasi secara kuantitatif. Penentuan kadar flavonoid total yang dilakukan menggunakan standar kuersetin. Penggunaan standar kuersetin dalam pengujian spektrofotometri UV-Vis dikarenakan kuersetin umumnya merupakan senyawa flavonol dari golongan flavonoid terbanyak dalam suatu tanaman. Kandungan kuersetin dalam ekstrak sarang semut dikemukakan pada penelitian Adam (2010) yang menggunakan metode HPLC. Sampel ekstrak yang diujikan dalam pengujian ini adalah aseton-akuades dengan variasi perbandingan bahan-pelarut 1:10, 1:15, dan 1:20. Sebelum dilakukan pengujian spektrofotometri UV-Vis, dilakukan tahapan-tahapan yang meliputi preparasi sampel, penetapan kadar, dan pembuatan larutan blangko. Setelah itu, dilakukan pengukuran absorbansi maksimum dari sampel ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut pada rentang panjang gelombang 300-500 nm.

Pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali untuk masing-masing sampel ekstrak. Dari pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh panjang nilai absorbansi dan gelombang maksimum sebesar 425 nm untuk ketiga sampel ekstrak. Nilai absorbansi pada masing-masing ekstrak digunakan untuk perhitungan persentase flavonoid. Nilai absorbansi yang didapat, dikalikan dengan konstanta 1,25/g sampel. Nilai konstanta merupakan



metode pengembangan dari Unit Layanan Pengujian Unair untuk penetapan kadar flavonoid total dengan standar kuersetin. Berikut ini adalah Tabel 4.10 menunjukkan hasil pengujian spektrofometri UV-Vis.

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Spektrofometri UV-Vis Ekstrak Aseton-Akuades Umbi Sarang Semut dengan Metode Soxhletasi

No	Nama Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi	%Flavonoid	Rata-rata %
1	Flavon 5-441a	425	0,17608	0,2201	0,22
2	Flavon 5-441b	425	0,17632	0,2204	
3	Flavon 5-442a	425	0,17113	0,2139	0,214
4	Flavon 5-442b	425	0,17129	0,2141	
5	Flavon 5-443a	425	0,17441	0,2180125	0,218
6	Flavon 5-443b	425	0,17443	0,2180375	

Keterangan : Flavon = ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut.

5-441 = perbandingan bahan-pelarut 1:10; 5-442 = perbandingan bahan-pelarut 1:15; 5-443 = perbandingan bahan-pelarut 1:15.

a = pengujian pertama dan b = pengujian kedua.

Dari Tabel 4.10 diperoleh data nilai absorbansi, %Flavonoid, dan rata-rata %Flavonoid dari sampel ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut. Sampel dengan perbandingan bahan-pelarut 1:10, sampel Flavon 5-441a diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17608, %Flavonoid sebesar 0,2201 sedangkan sampel Flavon 5-441b diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17632, %Flavonoid sebesar 0,2204, sehingga nilai rata-rata %Flavonoid sebesar 0,22. Untuk sampel dengan perbandingan bahan-pelarut 1:15, sampel Flavon 5-442a diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17113, %Flavonoid sebesar



0,2139 sedangkan sampel Flavon 5-442b diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17129, %Flavonoid sebesar 0,214, sehingga nilai rata-rata %Flavonoid sebesar 0,2140. Pada sampel dengan perbandingan bahan-pelarut 1:20, sampel Flavon 5-443a diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17441, %Flavonoid sebesar 0,2180125 sedangkan sampel Flavon 5-443b diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,17443, %Flavonoid sebesar 0,2180375, sehingga nilai rata-rata %Flavonoid sebesar 0,218. Persentase kadar flavonoid total dari ekstrak umbi sarang semut dikonversi menjadi satuan mg/gram untuk ketiga sampel ekstrak. Pada perbandingan bahan-pelarut 1:10, diperoleh kadar total flavonoid sebesar 2,2 mg/g, perbandingan 1:15 sebesar 2,14 mg/g, dan perbandingan 1:20 sebesar 2,18 mg/g.

Berikut ini Tabel 4.13, penelitian yang juga menggunakan bahan sarang semut sebagai ekstrak dengan metode ekstraksi soxhletasi dan pengujian spektrofotometri UV-Vis untuk kadar flavonoid total.

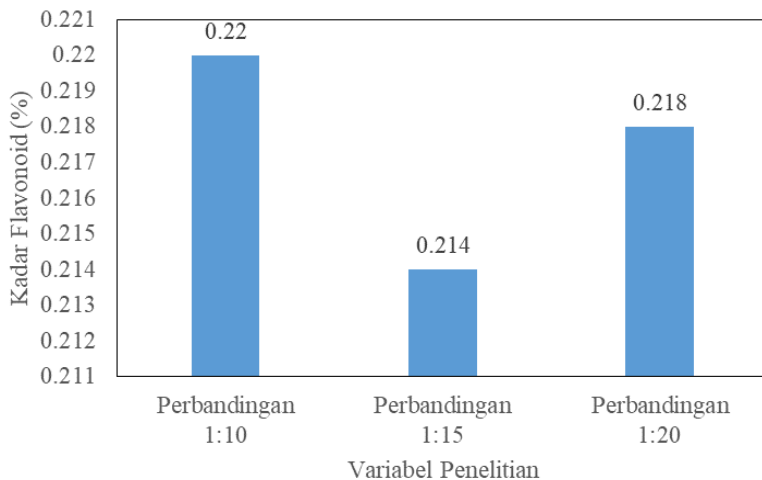
Tabel 4.11. Penelitian Kadar Flavonoid Total Ekstrak
Sarang Semut

Penelitian	Pelarut	Metode Ekstraksi	Pengujian Kadar Flavonoid	Kadar Flavonoid (mg/g)
Ariani dkk, 2015	Akuades	Soxhletasi	Spektrofotometri UV-Vis	1,5
Penelitian ini	Aseton-Akuades	Soxhletasi	Spektrofotometri UV-Vis	2,2

Penelitian yang dilakukan oleh Ariani dkk. (2015) juga menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan standar kuersetin untuk penetapan kadar flavonoid total ekstrak sarang semut. Pada penelitian ini diperoleh hasil kadar flavonoid total sebesar 2,2 g/mg, tentu memiliki kadar flavonoid yang lebih besar apabila dibandingkan dengan penelitian Ariani dkk (2015) sebesar 1,5 mg/g yang menggunakan pelarut akuades. Hal tersebut disebabkan penggunaan pelarut aseton cukup efektif untuk melarutkan flavonoid dalam bahan organik. Menurut Chebil *et. al*

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

(2007) aseton merupakan pelarut yang paling baik untuk melarutkan flavonoid, terutama untuk senyawa kuersetin dari golongan flavonol. Kardono (2003) menyatakan bahwa kandungan metabolit sekunder yang berbeda pada jenis tanaman yang sama, terjadi karena perbedaan jenis pelarut yang digunakan saat ekstraksi.



Gambar 4.9. Grafik Persentase Kadar Senyawa Flavonoid Ekstrak Umbi Sarang Semut

Persentase flavonoid dari ketiga sampel ekstrak dengan persentase tertinggi ditunjukkan pada perbandingan bahan-pelarut 1:10, tertinggi kedua pada 1:20, dan terendah 1:15. Terjadi penurunan persentase flavonoid pada perbandingan 1:15 dan kemudian persentasenya naik kembali pada perbandingan 1:20. Grafik tersebut menunjukkan *trend* yang fluktuatif dari ketiga sampel ekstrak. Flavonoid terekstrak paling optimal dalam penelitian ini diperoleh pada perbandingan bahan-pelarut sebesar 1:10 atau penggunaan pelarut sebesar 1000 mL. Titik optimal tercapai pada volume pelarut 1000 mL, sehingga penambahan



jumlah pelarut lebih dari 1000 mL tidak lagi efektif untuk meningkatkan persentase flavonoid yang diekstrak. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yulianingtyas (2016), hal tersebut disebabkan oleh jumlah volume yang terlalu besar menyebabkan turbulensi yang terjadi semakin kecil sehingga mengurangi jumlah flavonoid yang terekstrak. Peningkatan hasil flavonoid terekstrak yang dipengaruhi perbandingan bahan-pelarut juga dilaporkan dalam penelitian Liu *et al.* (2014) menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Dalam penelitian tersebut penambahan jumlah pelarut setelah titik optimal tercapai, tidak lagi mampu meningkatkan flavonoid terekstrak secara signifikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perbandingan komposisi bahan-pelarut dengan kualitas terbaik dan optimal terdapat pada perbandingan komposisi bahan-pelarut 1:10. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai rendemen, kadar abu total, dan kadar air ekstrak masing-masing sebesar 13,94%, 4,26%, dan 4,25%.
2. Pengujian kualitatif FTIR dan KLT menunjukkan hasil positif kandungan senyawa flavonoid dalam ekstrak.
3. Pengujian kuantitatif Spektrofotometri UV-Vis menunjukkan perbandingan nilai persentase kandungan senyawa flavonoid tertinggi ditunjukkan pada perbandingan 1:10 sebesar 0,22%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui mekanisme inhibisi dan efisiensi inhibitor ekstrak aseton-akuades umbi sarang semut terhadap material baja.
2. Perlu dilakukan optimasi alat ekstraksi soxhletasi agar proses ekstraksi bahan dapat dilakukan di bawah temperatur penguapan pelarut.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S.A. 1986. *Kimia Organik Bahan Alam*. Jakarta : Karnunika.
- Adam, M.E., *et. all.* 2013. *Extraction, Identification and Quantitative HPLC Analysis of Flavanoids from Sarang Semut (Myrmecodia Pendans)*. Industrial Crops and Products. Vol. 41, pp. 392-396.
- Andijani, Ismaeel dan S. Turgoose. 2005. *Studies on Corrosion of Carbon Steel in Deaerated Saline Solutions in Presence of Scale Inhibitor*. Desalination 01/2005 ; 171(3) : 289-298.
- Almatsier, S. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Ali, Farida. 2014. *Pengaruh Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava, Linn) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja SS 304 dalam Larutan Garam dan Asam*. Palembang : Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
- Ameh P.O., L. Magaji, & T. Salihu. 2012. *Corrosion Inhibition and Adsorption Behavior for Mild Steel by Ficus Glumosa Gum in H₂SO₄ Solution*. African Journal of Pure and Applied Chemistry. Vol. 6, No. 7, pp. 100-106.
- Ariani, S., Widiastuti, A., Yuliana, D. 2015. *Optimasi Rendemen, Kadar Mineral, dan Metabolit Sekunder pada Ekstrak Akua Sarang Semut (Myrmecodia pendans Merr. & Perry) dari Wamena Papua dengan Variasi Metode Ekstraksi*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VII, ISBN : 978-602-73159-07.

- Astawan, M. 2008. *Khasiat Warna Warni Makanan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Atingul. 2012. *Efek Ekstrak Daun Sirih Merah (Piper crocatum) terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Atria, P., Sulistijono, Abdullah Shahab. 2013. *Penggunaan Bio Inhibitor dalam Pipe Plant Industri Migas*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Barbusinski, K. 2009. *Fenton Reaction-Controversy Concerning the Chemistry*. Ecological Chemistry and Engineering 14 (3) : 347-358.
- Blois, M.S. 1958. *Antioxidant Determination by The Use of A Stable Free Radical*. Nature 181 : 1199-1200.
- Boma, W. 1998. *Satuan Operasi Dalam Proses Pangan*. 1ed. Yogyakarta : Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada.
- Chebil, L., Catherine H., Julie A. 2007. *Solubility of Flavonoids in Organic Solvents*. Journal of Chemical and Engineering Data, Vol. 52, No. 5.
- Departemen Kesehatan RI. 1985. *Cara Pembuatan Simplisia*. Jakarta : Direktorat Jendral POM-Depkes RI.
- Departemen Kesehatan RI. 1995. *Materia Medika Jilid IV*. Jakarta : Direktorat Jendral POM-Depkes RI.
- Departemen Kesehatan RI. 2000. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. Jakarta : Direktorat Jendral POM-Depkes RI.
- Departemen Kesehatan RI, 2009. *Farmakope Herbal Indonesia*. Jakarta : Direktorat Jendral POM-Depkes RI.
- Dewi S.F. 2004. Uji Aktivitas Natrium Fosfat Sebagai Inhibitor Pada Korosi Baja Tulangan Beton. Semarang : Kimia Universitas Negeri Semarang.

- Dinar, R. 2014. *Pengaruh Agitasi dan Penambahan Konsentrasi Inhibitor Sarang Semut (Myrmecodia pendans) terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B di Media Larutan 1 M HCl*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Fadli. 2011. *Studi Laju Korosi Baja API 5L GRB N di dalam Larutan Asam Sulfat 1M dengan Penambahan Inhibitor Aniline-4-Sulfonate*. Depok : Program Studi Magister Ilmu Material UI.
- Febriyanti, Eka. 2008. *Studi Pengaruh Penambahan NaCl (ppm) dan Peningkatan pH Larutan terhadap Laju Korosi Baja Karbon dari Bijih Besi Hematite dan Bijih Besi Laterite*. Depok : Teknik Metalurgi dan Material UI.
- Firmasnyah, Dede. 2011. *Studi Inhibisi Korosi Baja Karbon Dalam Larutan Asam 1M HCl oleh Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata)*. Depok : Teknik Metalurgi dan Material UI.
- Florentinus, Johan. 2013. *Sarang Semut Berantas Penyakit Maut*. Salatiga : Gapura Publishing.
- Fontana, M. G. 1968. *Corrosion Engineering 3rd Edition*. Ohio : McGraw-Hill.
- Frei B, Higdon J V. 2003. *Antioxidant Activity of Tea Polyphenols In Vivo : Evidence from Animal Studies*. Proceedings of the Third International Scientific Symposium on Tea and Human Health : Role of Flavonoids in the Diet. JN, 3275-3284S.
- Gaffert, Gustaf A. 1974. *Steam Power Boiler Fourth Edition*. USA : International Stevent Edition.
- Giwangkara S, E.G. 2006. *Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan FTIR*. Cepu : Sekolah Tinggi Energi dan Mineral.

- Gordon, M.H., Jan Pokorny, Nedyalka. 2001. *Measuring Antioxidant Activity. Antioxidant in Food Practical Application*. London : Woodhead Publishing Ltd.
- Gritter, R.J., Bobbit, J.M., dan Swharting, A.E. 1991. *Pengantar Kromatografi Edisi Kedua*. Bandung : ITB Press.
- Gross, Jeana. 1991. *Pigments In Vegetables (Chlorophylls and Carotenoids)*. New York : Van Nostrand Reinhold.
- Hamdila, J.D. 2012. *Pengaruh Variasi Massa Terhadap Karakteristik Fungsionalitas dan Termal Komposit MgO-SiO₂ Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung : ITB Press.
- Harborne, J.B. 1996. *Metode Fitokimia Terbitan Kedua*. Bandung : ITB Press.
- Haryono, G. dkk. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. Yogyakarta : Teknik Kimia UPN Veteran Yogyakarta.
- Heinrich, *et al.* 2004. *Fundamental of Pharmacognosy and Phytotherapy*. Hungary : Elsevier.
- Hernawati. 2008. *Kajian Proses Fraksinasi Minyak Sawit Kasar dengan Pelarut Organik dalam Upaya Pembuatan Konsentrat Karatenoid*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Ichwan, R. 2014. *Ekstraksi Andrografolid dari Andrographis paniculata (Burm.f.) Nees Menggunakan Ekstraktor Soxhlet*. Pharmacia, Vol. 4, No. 1, Hal. 85-92.
- Irawan, Bambang dan Jos, Bakti. 2010. *Peningkatan Mutu Minyak Nilam dengan Ekstraksi dan Destilasi Pada Berbagai Komposisi Pelarut*. Semarang : Seminar

Rekayasa Kimia dan Proses Universitas Diponegoro Semarang.

- Irianty, R. Sri, Verawati. 2012. *Variasi Komposisi Pelarut Metanol-Air pada Ekstraksi Daun Gambir (Uncaria gambir Roxb)*. ISSN 1907-0500.
- Kardono. 2003. *Kajian Kandungan Kimia Mahkota Dewa (Phaleria macrocarpa)*. Jakarta : Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional Departemen Kesehatan
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan Cetakan Pertama*. Jakarta : UI-Press.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Koncic, M. Z., M. Barbaric, I. Percovic, B. Zorc. 2011. *Antiradical, Chelating and Antioxidant Activities of Hydroxamic Acids and Hydroxyureas*. Molecules 16 (8) : 6232-6242.
- Kosasih, E.N. 2004. *Peranan Antioksidan Pada Lanjut Usia*. Jakarta : Pusat Kajian Nasional Masalah Lanjut Usia.
- Kresnanugraha. 2012. *Uji Penghambatan Aktivitas Enzim Xantin Oksidase dari Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) dan Identifikasi Golongan Senyawa dari Fraksi Aktif*. Depok : Farmasi UI.
- Kristianti, A.N., dkk. 2008. *Buku Ajar Fitokimia*. Surabaya : Jurusan Kimia FMIPA Universitas Airlangga.
- Kuncahyo, Ilham. 2007. *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi, L.) terhadap 1,1-diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH)*. Yogyakarta : D-III Teknologi Farmasi Universitas Setia Budi.
- Kurniasari, L., Hartati, I., Ratnani., Sumantri. 2008. *Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan Microwave*

- Assisted Extraction (MAE)*. Jurnal Momentum Vol. 4 No. 2.
- Liu, Xue-Gui., et al. 2014. *Optimization of Extraction Conditions for Flavonoids of Physalis Alkekengi var. franchetii Stems by Response Surface Methodology and Inhibition of Acetylcholinesterase Activity*. Journal of The Mexican Chemical Society Vol. 59 No.1 Mexico
- Lenny, S. 2006. *Senyawa Flavonoida, Fenil Propanoida dan Alkaloida*. Medan : FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Manggara, N. 2014. *Pengaruh Penambahan Bio Inhibitor Sarang Semut(Myrmecodia pendans) pada Baja Karbon API 5L Grade B di Larutan Asam*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Markham, K.R. 1988. *Cara Mengidentifikasi Flavonoid*. Bandung : ITB Press.
- Maulida D, Zulkarnaen N, 2010, *Ekstraksi Antioksidan (Likopen) Dari Buah Tomat dengan Menggunakan Solven Campuran, n – Heksana, Aseton, dan Etanol*. Semarang : Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Miranda, M.S., Cintra, R.G., Barros, S.B.M., Mancini-Filho, J. 1998. *Antioxidant Activity of The Microalga Spirulina maxima*. FAPESP.
- Mujiyanti, R.D., dkk. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi Yang Dimobilisasi dengan 3-(Trimetoksil)-1-Propanol*. Jurnal Sains dan Terapan Kimia Vol 4. No 2. Hal. 150- 167.
- Mulja, M.,. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- NACE International. 1973. *Corrosion Inhibitor*. Texas : Nathan C.C.

- Pambayun R, Gardjito M, Sudarmadji S, Kuswanto KR. 2007. *Kandungan Fenol dan Sifat Antibakteri dari Berbagai Jenis Ekstrak Produk Gambir (Uncaria gambir Roxb).* Majalah Farmasi Indonesia. 18(3) : 141-146.
- Pardede, Ratnawati, Agus Martono. 2013. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Kemiri (Alleurites mollucana Willd).* Media Sains 5 (1). pp. 1-6. ISSN 2085-3548.
- Pavia, D. 1995. *Introduction to Organic Laboratory Techniques, A Microscale Approach Second Edition.* USA : Harcourt College Pub.
- Petrucci, Ralph H. 2008. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi Keempat Jilid 3.* Jakarta : Erlangga.
- Priatna, Enjang. 2015. *Potensi Protoporfirin dari Limbah Darah Hasil Pemotongan Sapi sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon dalam Larutan H₂SO₄ 0,5 M.* Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rajalakshmi, D & S. Narasimhan. (1985). *Food Antioxidants: Sources and Methods of Evaluation dalam D.L. Madhavi : Food Antioxidant, Technological, Toxilogical and Health Perspectives.* Hongkong : Marcel Dekker Inc.
- Rani, Amitha B.E & Basu, Bharathi. 2012. *Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview.* India : Hindawi Publishing Corporation.
- Robinson, T. 1991. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi Edisi Keenam.* Bandung : ITB Press.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi.* Bandung : ITB Press.
- Sankara, P. 2014. *Corrosion Control in the Oil and Gas Industry.* London : Elsevier Inc.

- Sastrohamidjojo. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta : Liberty.
- Sasza, C. 2014. *Aplikasi Sarang Semut (Myrmecodia pendans) sebagai Inhibitor Korosi pada Baja API 5L Grade B dan AISI 1010 dalam Media 3,5% NaCl*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Saudah. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Organik Sarang Semut terhadap Laju Korosi Baja Karbon API 5L Grade B di Lingkungan H_2SO_4 0,5M*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Seneviratne CJ, Zhang CF, Samaranayake LP. 2011. *Dental Plaque Biofilm in Oral Health and Disease*. Chinese J of Dent Research 14 (2) : 87-94.
- Siagian, FR. 2010. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor terhadap Laju Korosi dan Perilaku Aktif Pasif Stainless Steel AISI 304 dalam Media Air Laut Buatan*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Sidiq, F. 2013. *Analisa Korosi dan Pengendaliannya*. Jurnal Foundry Vol. 3, No. 1, ISSN : 2087-2259, Hal. 25-30.
- Silalahi, Jansen. 2006. *Makanan Fungsional*. Yogyakarta : Kanisius.
- Silverstein, R.M. 1984. *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Sharma, M. 2008. *An Overview of Biocompatibility of Orthodontic Materials*. International Scientific Journals from Jaypee.
- Skoog, D.A, Hoffer, F.J, & Crouch, S.R. 1998. *Principles of Instrumental Analysis 5th Edition*. Philadelphia USA : Harcourt Brace College Publishers.
- Subroto MA, Saputro H. 2008. *Gempur Penyakit dengan Sarang Semut*. Jakarta : Penebar Swadaya.

- Sudarmadji, dkk. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian Edisi I*. Yogyakarta : Liberty.
- Sumarno. 2001. *Kromatografi Teori Dasar*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Sunaringtyas, J. 2014. *Efek Pemberian Ekstrak daun Ciremai (Phyllanthus acidus (L.) Skeels.) terhadap Titer Widal O dan Suhu Tubuh Mencit Balb/C yang Diinfeksi Salmonella typhi*. Ungaran : Farmasi STIKES NWU.
- Sulistijono. 2015. *Optimasi Inhibisi Pencampuran Ekstrak Sarang Semut dan Sirih Merah sebagai Inhibitor Organik Baja di Lingkungan Air Laut*. Surabaya : Pusat Studi Material dan Nanoteknologi.
- Sofia L, dkk. *Analisis Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Korosi pada Pipa Sekunder Reaktor RSG-Gas*. Seminar Nasional VI ISSN 1978-0176, Hal. 615-620.
- Stahl, E.. 1985. *Analisis Obat Secara kromatografi dan Mikroskopi*. Bandung : ITB Press.
- Stahl, W., Sies, H. 2003. *Antioxidant Activity of Carotenoids*. Molecular Aspects of Medicine 24, 345-351.
- Therno, N. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. USA : Thermonicolet Corporation.
- Tiwari P, Kumar B, Kaur M, Kaur G, Kaur H. 2011. *Phytochemical Screening and Extraction : A Review*. International Pharmaceutical Sciencia Vol. 1 : 98-106.
- Trethewey, K., & Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Uhlig, H. 2004. *Corrosion and Control Second Edition*. London : George Harrap and Co. Ltd.
- Voigt, R. 1994. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi Edisi 5*. Yogyakarta : UGM Press.

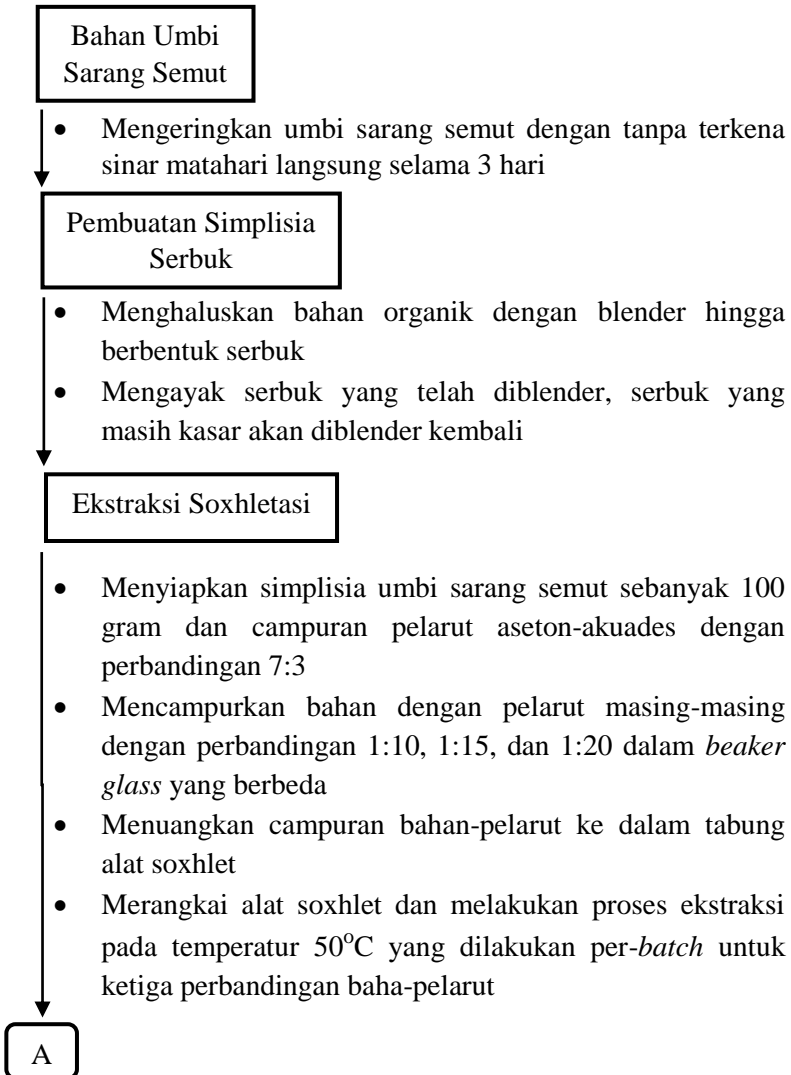
- Voigt, R. 1995. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. Yogyakarta : UGM Press.
- Wade, L.G. 2006. *Organic Chemistry Sixth Edition*. New Jersey : Pearson Education International.
- Wahyuningsih, A. dkk. 2010. *Metanamina sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Sesuai Kondisi Pertambangan Minyak Bumi*. Jurnal Sains dan Teknologi 1, No. 1, Hal. 17-29.
- Wang H., Allan K., Clariant Corporation. 2010. *Internal Pipeline Corrosion Study on The Changes from Oil to Gas Production*. Society of Petroleum Engineers, SPE No. 132854, June 2010.
- Werdhany, dkk. 2008. *Sirih Merah*. Yogyakarta : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta.
- Winarsi. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- Yanlinastuti, dkk. 2011. *Penentuan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis dengan Pengomplek Arsenazo III*. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII Yogyakarta ISSN 1978-0176.
- Yatiman, P. 2009. *Penggunaan Inhibitor Organik Untuk Pengendalian Korosi Logam Dan Paduan Logam (Application Of Organic Inhibitors For Corrosion Control Of Metals And Alloys)*. Prosiding Seminar Nasional Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Yulianingtyas, A. 2016. *Optimasi Volume Pelarut dan Waktu Maserasi Pengambilan Flavonoid Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.)*. Jurnal Teknik Kimia Vol. 10, No. 2.

- Yuslinur. 2014. *Studi Analisis Campuran Eco-Friendly Inhibitor Ekstrak Sarang Semut (Myrmecodia pendans) dan Daun Sirih Merah (Piper crocatum) terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B di Lingkungan NaCl 3,5%*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Youstiana, R. 2016. *Flavonoids Content in Extracts Secang (Caesalpinia Sappan L.) Maceration Method Infundation Analysis and Visible Ultraviolet Spectrophotometer*. International Journal of Medical Research & Health Sciences ISSN No : 2319-5886.
- Zuhra, dkk. 2008. *Aktivitas Antioksidan Senyawa Flavonoid Dari Daun Katuk (Sauropus androgonus (L) Merr.)*. Jurnal Biologi Sumatera Vol. 3 No. 1.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN

1. Pembuatan Ekstrak Inhibitor Umbi Sarang Semut dengan Metode Soxhletasi



A

- Menyaring ekstrak hasil proses ekstraksi soxhletasi dengan menggunakan kertas saring
- Melakukan pemekatan ekstrak dengan alat *rotary evaporator* pada temperatur 60°C
- Mengeringkan ekstrak pekat dengan cara diangin-anginkan

Ekstrak Kering
Umbi Sarang Semut

2. Perhitungan Nilai Rendemen Ekstrak

a. Perbandingan 1:10

Berat ekstrak hasil proses ekstraksi = 13,943 gram

Berat awal simplisia = 100 gram

$$\begin{aligned}\text{Nilai Rendemen} &= \frac{13,943}{100} \times 100\% \\ &= 13,943\%\end{aligned}$$

b. Perbandingan 1:15

Berat ekstrak hasil proses ekstraksi = 13,432 gram

Berat awal simplisia = 100 gram

$$\begin{aligned}\text{Nilai Rendemen} &= \frac{13,432}{100} \times 100\% \\ &= 13,432\%\end{aligned}$$

c. Perbandingan 1:20

Berat ekstrak hasil proses ekstraksi = 13,693 gram



Berat awal simplisia = 100 gram



$$\begin{aligned}\text{Nilai Rendemen} &= \frac{13,693}{100} \times 100\% \\ &= 13,693\%\end{aligned}$$

3. Penetapan Kadar Abu Total

A. Dokumentasi

Tabel Dokumentasi Hasil Penetapan Kadar Abu Total Ekstrak

Nama Sampel	Dokumentasi
Simplisia Sarang Semut	
Perbandingan 1:10	
Perbandingan 1:15	

	
Perbandingan 1:20	

B. Perhitungan

a. Simplisia Sarang Semut

Berat awal sampel = 1,0005 gram

Berat abu = 0,0392 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Abu Total} &= \frac{0,0392}{1,0005} \times 100\% \\ &= 3,92\% \end{aligned}$$

b. Perbandingan 1:10

Berat awal sampel = 1,0004 gram

Berat abu = 0,0426 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu Total} &= \frac{0,0426}{1,0004} \times 100\% \\ &= 4,26\%\end{aligned}$$

c. Perbandingan 1:15

Berat awal sampel = 1,0004 gram

Berat abu = 0,0778 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu Total} &= \frac{0,0778}{1,0004} \times 100\% \\ &= 7,78\%\end{aligned}$$

d. Perbandingan 1:20

Berat awal sampel = 1,0003 gram



Berat abu = 0,0761 gram


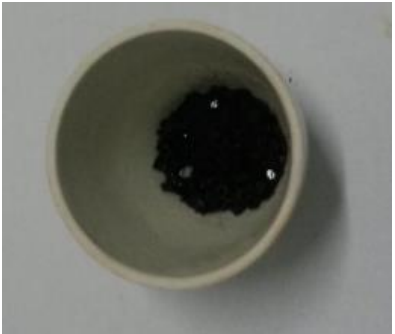
$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu Total} &= \frac{0,0761}{1,0003} \times 100\% \\ &= 7,61\%\end{aligned}$$

4. Penetapan Kadar Air Ekstrak

A. Dokumentasi

Tabel Dokumentasi Hasil Penetapan Kadar Air Ekstrak

Nama Sampel	Dokumentasi
Simplisia Sarang Semut	
Perbandingan 1:10	
Perbandingan 1:15	

	
Perbandingan 1:20	

B. Perhitungan

a. Simplisia Sarang Semut

Berat awal = 1,0003 gram

Berat akhir = 0,9848 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air Ekstrak} &= \frac{1,0003 - 0,9848}{1,0003} \times 100\% \\ &= 1,549\% \end{aligned}$$

b. Perbandingan 1:10

Berat awal = 1,0004 gram

Berat akhir = 0,9579 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air Ekstrak} &= \frac{1,0004 - 0,9579}{1,0004} \times 100\% \\ &= 4,2483\%\end{aligned}$$

c. Perbandingan 1:15

Berat awal = 1,0004 gram

Berat akhir = 0,9552 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air Ekstrak} &= \frac{1,0005 - 0,9552}{1,0005} \times 100\% \\ &= 4,5277\%\end{aligned}$$

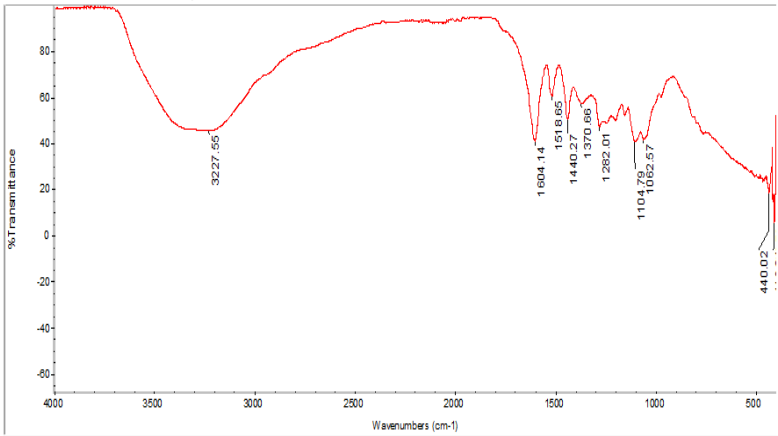
d. Perbandingan 1:20

Berat awal = 1,0002 gram

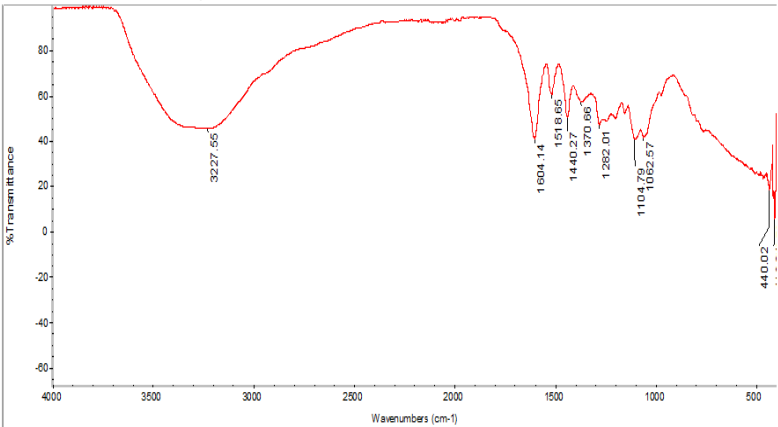
Berat akhir = 0,9566 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air Ekstrak} &= \frac{1,0002 - 0,9566}{1,0002} \times 100\% \\ &= 4,3591\%\end{aligned}$$

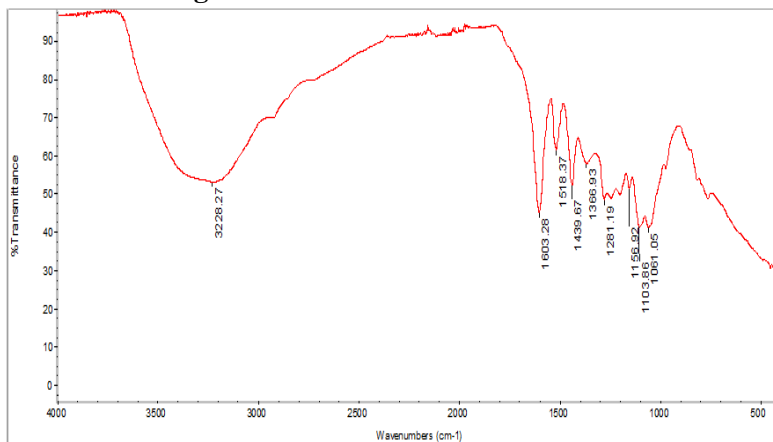
5. Hasil Pengujian FTIR
a. Perbandingan Bahan-Pelarut 1:10



b. Perbandingan Bahan-Pelarut 1:15



c. Perbandingan Bahan-Pelarut 1:20



6. Hasil Pengujian Kromatografi Lapis Tipis


a. Laporan Hasil Pengujian KLT untuk Perbandingan 1:10

No. File

LAPORAN HASIL UJI
No. 075 / LHMJ / VI / 2017

1. Tanggal / No. Surat Perintah Uji : 31.05.17 / 087 / SPJ / V / 17
2. Tanggal Selesai Uji : 05.06.17
3. Nama Sampel : Ekstrak sediaan saring semut 1 : 10
4. Kode Sampel : Screening 03 – 504
5. Hasil Pemeriksaan :

No.	Parameter	Metode + BO	Hasil	Syarat	Ket
1.	Screening fitokimia	KLT	Mengandung senyawa flavonoid	-	

Surabaya, 05/06/17
Manajer Teknis

Drs. Hartono, M.Sc., Apt.

Rev. 0 Tekt. 4 Tm 11

021


b. Laporan Hasil Pengujian KLT untuk Perbandingan 1:15

No. F&K

LAPORAN HASIL UJI
No. STS / L&U / VI / 2017

1. Tanggal / No. Surat Perintah Uji : 31.05.17 / 097 / SPU / V / 17
2. Tanggal Selesai Uji : 05.06.17
3. Nama Sampel : Ekstrak sediaan saring semul 1 : 15
4. Kode Sampel : Screening 05 - 585
5. Hasil Pemeriksaan :

No.	Parameter	Metode + BD	Hasil	Syarat	Kat.
1.	Screening Toksik	KLT	Mengandung senyawa flavonoid	-	


Surabaya, 05.06.17
Manajer Teknis
Drs. Madeha, M.Sc., Apt.

Rev. 0 Tsb. 4 Tbs. 11

5/11

c. Laporan Hasil Pengujian KLT untuk Perbandingan 1:20

NO. F-08

LAPORAN HASIL UJI
No. 077 / LHSJ / VI / 2017

1

Tanggal / No. Surat Perintah Uji

31.05.17 / 007 / SPJ / V / 17

2

Tanggal Selesai Uji

05.06.17

3

Nama Sampel

Ekstrak sarihasel saring semut 1 : 20

4

Kode Sampel

Screening 05 – 500

5

Hasil Pemeriksaan

No.	Parameter	Metode = ISO	Hasil	Syarat	Kat.
1	Screening Residue	KLT	Mengandung sarihasel flavonoid	-	

Surabaya, 05.06.17

Manajer Teknik



Drs. Henggal, M.Sc., Apt.

Rev. 2 Lem. 4 Tbl. 11

5/5

d. Prosedur Kerja Pengujian KLT Ekstrak Sarang Semut

SEKRINING FITOKIMIA SAMPEL S-584 s/d S-586 35 - 37/6

PROSEDUR KERJA

A. SEKRINING SENYAWA GOLONGAN FLAVONOID

Sampel sebanyak 0,2 g dilarutkan dalam 10 mL etanol 96% menggunakan penggarut ultrasonik.

Pengujian dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis


1. Ekstrak etanol ditetaskan pada pelat KLT sebanyak 25 µL.
2. Uji kromatografi lapis tipis ini menggunakan :

Fase diam	: Lapisan tipis Kiesel Gel GF 254
Fase gerak	: kloroform - metanol (9:1)
Penampak noda	: FeCl_3 2%, UV 366 nm dan 254 nm
3. Adanya flavonoid ditunjukkan dengan timbulnya noda berwarna coklat hingga kehijauan dengan penampak noda FeCl_3 2%.

HASIL

A. Hasil skrining senyawa golongan flavonoid

Munculnya noda berwarna coklat hingga kehijauan pada uji KLT menunjukkan adanya senyawa golongan flavonoid. Pada gambar terlihat bahwa sampel S-584, S-585 dan S-586 menunjukkan noda berwarna kehijauan.



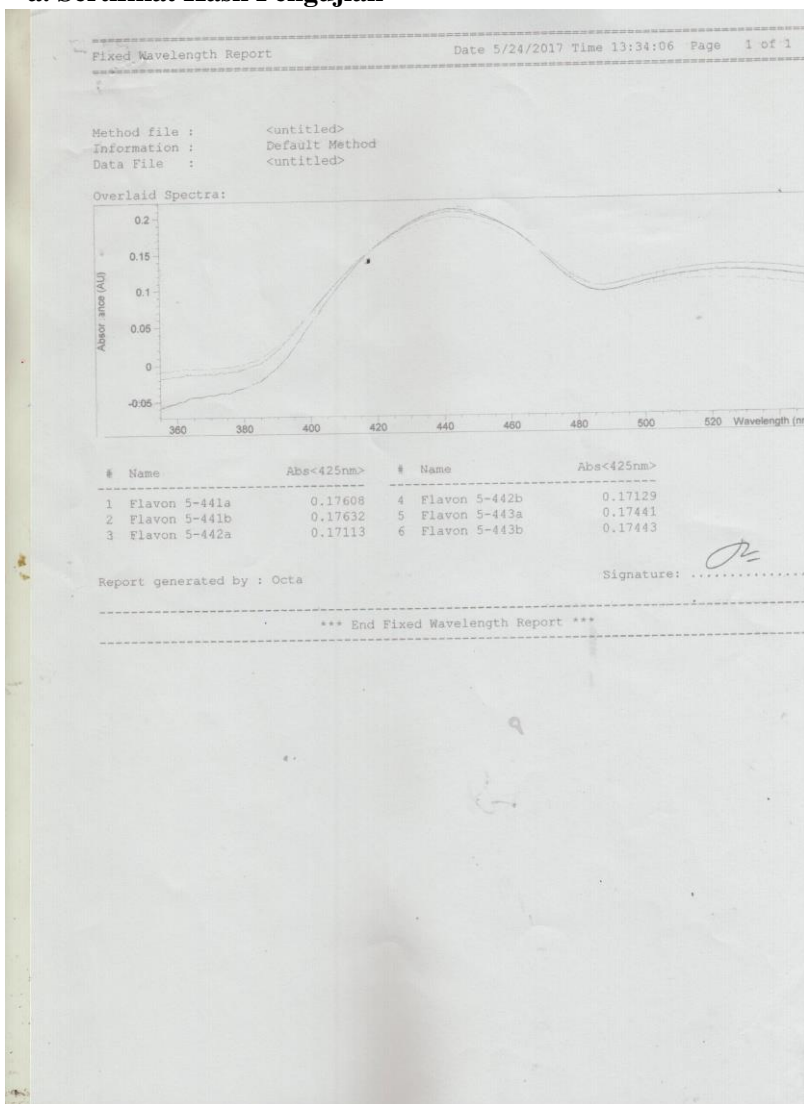
Keterangan gambar :

Fase diam	: Kiesel gel GF 254
Fase gerak	: kloroform - metanol (9:1)
Penampak noda	: Penampak FeCl_3 2%

S-584 S-585 S-586

7. Hasil Pengujian Spektrofometri UV-Vis

a. Sertifikat Hasil Pengujian



b. Perhitungan Persentase Kandungan Flavonoid Ekstrak

- **Perbandingan 1:10**

Absorbansi 1	= 0,17608
%Flavonoid	= $0,17608 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2201%
Absorbansi 2	= 0,17632
%Flavonoid	= $0,17632 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2204%
Rata-rata %Flavonoid	= 0,22025%

- **Perbandingan 1:15**

Absorbansi 1	= 0,17113
%Flavonoid	= $0,17113 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2139%
Absorbansi 2	= 0,17129
%Flavonoid	= $0,17129 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2141%
Rata-rata %Flavonoid	= 0,2140%

- **Perbandingan 1:20**

Absorbansi 1	= 0,17441
%Flavonoid	= $0,17441 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2180125%
Absorbansi 2	= 0,17443
%Flavonoid	= $0,17443 \times 1,25/\text{g sampel}$
	= 0,2180375%
Rata-rata %Flavonoid	= 0,218025%

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Muhammad Adiyaksa Febryanto lahir di Jakarta, DKI Jakarta pada hari Kamis, 03 Februari 1994. Penulis merupakan putra sulung Bapak Supriatno dan Ibu Sumiati dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Kartini Kab. Tangerang, SD Tunas Elok Kab. Tangerang, SMP Negeri 1 Tangerang, dan SMA Negeri 2 Tangerang. Setelah itu, penulis lulus pada tahun 2012 dan melanjutkan pendidikan perguruan tingginya di Jurusan Kesehatan Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Satu tahun kemudian, penulis pindah ke Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013.

Selama berkuliah di ITS, penulis juga aktif di beberapa kegiatan ekstrakurikuler, diantaranya di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS sebagai Staff Kementerian Sosial Masyarakat (2014-2015) dan aktif sebagai panitia event yang diselenggarakan oleh Society of Petroleum Engineer (SPE) SC-ITS. Prestasi yang pernah diraih penulis selama masa perkuliahan adalah finalis internasional pada Chemical Product Competition Design 2016 yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia dan finalis nasional pada NACE SCUI Paper Competition 2016 yang diselenggarakan oleh NACE SC Universitas Indonesia. Masa perkuliahan penulis diakhiri dengan melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul “Studi Ekstraksi dengan Metode Soxhletasi pada Bahan Organik Umi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) sebagai Inhibitor Organik”.

Pengalaman kerja yang pernah diikuti penulis yaitu kerja praktek di *Mechanical Static Engineering* PT. TRIPATRA Engineers & Constructors Bintaro, Tangerang Selatan pada bulan Juni hingga Agustus 2016, serta penulis tersertifikasi NDT Liquid Penetrant Testing Level 1 dan Magnetic Testing Level 1. Penulis

dapat dihubungi melalui 085782055448 dan email
adimyaksa@gmail.com.